Chem/hk
210

Chem. Liebig, J.
210 hk

Untersuchungen

über einige

Ursachen der Säftebewegung

im

thierischen Organismus.

Untersuchungen

über einige

Ursachen der Säftebewegung

im

thierischen Organismus

von

Justus Liebig.

Bayerische Staatsbibliothek München

Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1848.

445. B.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Das vorliegende kleine Werk enthält eine Reihe von Versuchen, welche die Ermittelung des Gesetzes der Mischung zweier durch eine Membran getrennter Flüssigkeiten zum Gegenstande hat; ich wünsche, daß man mein Bestreben nicht verkennen möge, auf experimentellem Wege zu einem näheren Ausdruck der Bedingungen zu gelangen, durch welche die Blut- und Lympfgefäße alle Eigenschaften eines Aufsaugungsapparates empfangen.

Die genauere Bekanntschaft mit den Erscheinungen der Endosmose flößte mir im Verfolg dieser Untersuchung die Ueberzeugung ein, daß, neben den Ursachen, wodurch diese bedingt werden, in dem Organismus vieler Thierklassen, weit mächtigere Ursachen der Säftebewegung wirksam sind.

Der Durchgang der verdauten Nahrung durch die Membranen und Häute des Darmkanals und ihr Uebergang in die Blut- und Lympfgefäße, das Austreten der ernährenden Flüssigkeit aus den Blutgefäßen und ihre Bewegung nach den Orten hin, wo ihre Bestandtheile vitale Eigenschaften erlangen, diese beiden Grundphänomene des organischen Lebens können durch ein einfaches Gesetz der Mischung nicht erklärt werden.

Die Versuche, welche ich zu beschreiben habe, dürften

vielleicht geeignet sein, die Ueberzeugung zu begründen, daß diese organischen Bewegungen großentheils abhängig sind von der Ausdünstung und dem Luftdruck.

Die Wichtigkeit der Haut- und Lungenausdünstung für den normalen Lebensproceß ist zwar, so lange die Heilkunde besteht, von den Aerzten anerkannt, aber das Gesetz der Abhängigkeit des Gesundheitszustandes von der Beschaffenheit der Atmosphäre, dem Feuchtigkeitszustand und dem Druck der Luft ist bis jetzt nur wenig beachtet worden.

Durch meine Untersuchung über die Bestandtheile der Flüssigkeiten des Fleisches und die vorliegende, ist der Druck meiner Thierchemie aufgehalten worden, aber ich hielt mich nicht für berechtigt, vor Erledigung der Fragen, die sich an diese Arbeiten knüpften, mit der Bearbeitung dieses Werkes fortzufahren und hoffe, daß man die lange Verzögerung entschuldigen wird.

Gießen, im März 1848.

Dr. Justus Liebig.

Ueber die Erscheinungen, welche die Mischung zweier Flüssigkeiten begleiten, die durch eine Membran von einander getrennt sind.

Die Bestandtheile der Speisen, welche in dem Verdauungskanal in Auflösung übergegangen sind, empfangen damit das Vermögen, einer jeden auf sie einwirkenden Ursache, wodurch der Ort oder die Lage, in der sie sich befinden, geändert wird, zu folgen; sie gelangen in die Blutkanäle und verbreiten sich von da aus durch alle Theile des thierischen Körpers. Die Bewegung und Verbreitung dieser Flüssigkeiten und aller darin gelösten Substanzen ist, abgesehen von der mechanischen, in der Zusammenziehung des Herzens gelegenen Ursache, wodurch der Kreislauf des Blutes bewirkt wird, abhängig 1) von der Durchdringlichkeit aller Gefäßwände für diese Flüssigkeiten, 2) von dem Luftdruck und 3) von der chemischen Anziehung, welche die verschiedenartigen Flüssigkeiten des Thierkörpers zu einander besitzen. Die Bewegung aller Flüssigkeiten im Thierkörper wird durch das Wasser vermittelt. Alle Theile desselben enthalten im normalen Zustande eine gewisse Menge Wasser.

Die thierischen Häute, Sehnen, die Fleischfaser, die knorpeligen Ligamente, die gelben Bänder der Rückenwirbel, die

durchsichtige und undurchsichtige Hornhaut u. s. w. enthalten, frisch aus dem Körper genommen, über die Hälfte ihres Gewichtes an Wasser, welches sie in trockener Luft mehr oder weniger vollständig verlieren.

Von diesem Wassergehalt sind mehrere ihrer physikalischen Eigenschaften abhängig. Die frischen (wasserhaltigen) undurchsichtigen milchweißen Knorpel werden nach dem Austrocknen durchscheinend und nehmen eine röthlich gelbe Farbe an. Die frischen Sehnen sind im hohen Grade biegsam, elastisch, und besitzen einen Seidenglanz, den sie durch Austrocknen verlieren, durch diesen Wasserverlust werden sie überdies hart, hornartig durchscheinend und theilen sich beim Biegen in weißliche Faserbündel. Die frische Sclerotica ist milchweiß, beim Austrocknen wird sie durchsichtig.

Wenn diese Substanzen, nachdem sie durch Austrocknen einen Theil der Eigenschaften, die ihnen im frischen Zustande zukommen, verloren haben, mit reinem Wasser wieder zusammengebracht werden, so nehmen sie in 24 Stunden ihren ganzen Wassergehalt wieder auf und erhalten alle ihre verlorenen Eigenschaften vollkommen wieder. Die durch Austrocknen durchsichtig gewordene Sclerotica wird wieder milchweiß und undurchsichtig, die undurchsichtig gewordene Hornhaut wird wieder durchsichtig, die hornartig hart und durchscheinend gewordenen Sehnen werden wieder biegsam und elastisch, sie erhalten wieder Seidenglanz, das durchsichtig und hornartig gewordene Fibrin und die Ohrknorpel werden wieder milchweiß und elastisch.

Das Vermögen der festen Bestandtheile des thierischen Körpers, Wasser in ihre Substanz aufzunehmen und durchdringlich für Wasser zu sein, erstreckt sich auf alle dem Wasser verwandte, d. h. damit mischbare Flüssigkeiten; im getrock-

neten Zustande nehmen sie Flüssigkeiten der verschiedensten Natur in sich auf, fette und flüchtige Oele, Aether, Schwefelkohlenstoff ꝛc. Diese Durchdringlichkeit der Thiersubstanzen für Flüssigkeiten theilen sie mit allen porösen Körpern, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese Eigenschaft bedingt wird durch dieselbe Ursache, welche das in die Höhesteigen der Flüssigkeiten in engen Röhren oder in die Poren eines Schwammes bewirkt, Erscheinungen, die man gewohnt ist, mit dem Namen Capillaritätswirkungen zu bezeichnen. Eine Bedingung der Durchdringlichkeit poröser Substanzen für Flüssigkeiten (ihres Aufsaugungsvermögens) ist ihre Benetzbarkeit, oder die Anziehung, welche die Theilchen der Flüssigkeit und die Wände der Poren zu einander haben, eine zweite ist die Anziehung, welche ein Flüssigkeitstheilchen zu dem andern hat. Für die absolute Größe eines Flüssigkeitstheilchens (eines Wassertheilchens) giebt es kein Maaß, es ist immer unendlich viel kleiner als der meßbare Durchmesser irgend einer Röhre, oder der Pore eines porösen Körpers. Es ist demnach klar, daß in dem Inneren einer mit einer Flüssigkeit erfüllten Capillarröhre nur eine gewisse Anzahl der Flüssigkeitstheilchen mit den Gefäßwänden in Berührung sind und davon angezogen werden, oder Anziehung dafür äußern, in der Mitte der Röhre und von da nach den Wänden hin befinden sich Wassertheilchen, die ihren Platz nur durch die Anziehung behaupten, welche die von den Wänden angezogenen gegen die davon nicht angezogenen, oder die Wassertheilchen gegen die Wassertheilchen, d. h. durch ihre Cohäsion äußern.

Tropfbare Flüssigkeiten fließen aus Capillarröhren, die damit angefüllt sind, nur dann aus, wenn irgend eine andere Kraft oder Ursache wirksam ist, weil durch die Capillarität

eine Bewegung über die Grenze des die capillare Thätigkeit bedingenden festen Körpers nicht bewirkt werden kann.

Das Eindringen einer Flüssigkeit in die Poren eines porösen Körpers ist die Folge der Capillarität, das Ausfließen derselben kann bewirkt werden durch einen mechanischen Druck, es kann beschleunigt werden durch die Erhöhung dieses Druckes und durch alle Ursachen, welche die Anziehung der Flüssigkeitstheilchen unter sich und zu den Gefäßwänden vermindern. Die günstigste Bedingung, um durch Druck eine Flüssigkeit durch die Poren einer porösen Substanz durchgehen zu machen, ist, wenn ein Flüssigkeitstheilchen an einem zweiten Flüssigkeitstheilchen hinweggleiten und verschoben werden kann.

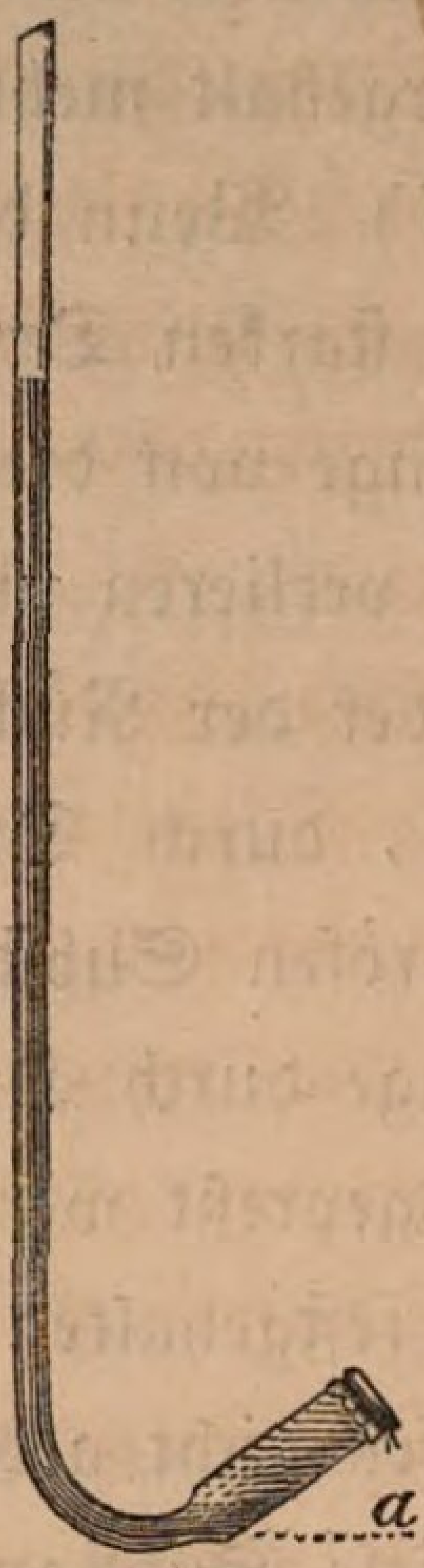
Der leichteste Druck reicht hin, um die verschiebbaren Wassertheilchen aus einem Bade-Schwamm herauszupressen, ein größerer Druck ist nöthig, um dasselbe aus Fließpapier, ein weit größerer, um aus nassem Holz Wasser ausfließen zu machen. Von der Kraft, womit poröse organische Substanzen, trockenes Holz z. B., Wasser aufsaugen und festhalten, hat man eine Vorstellung, wenn man sich erinnert, daß durch Einkeilen trockener Holzstücke in passende Einschnitte und Benetzen derselben Felsen zersprengt und gespalten werden können.

Wenn man mit den eben auseinandergesetzten Eigenschaften, welche allen porösen Körpern zukommen, die Eigenschaften der Thiersubstanzen vergleicht, die unter gleichen Umständen an denselben wahrgenommen werden, so ergiebt sich mit Gewißheit, daß sie in gewissen Richtungen Poren haben, wiewohl Oeffnungen von so großer Feinheit, daß sie durch die besten Mikroskope an den meisten Geweben nicht mehr wahrnehmbar sind.

Es ist erwähnt worden, daß Sehnen, Bänder, Knorpel ꝛc. im frischen Zustande eine gewisse, nach allen Versuchen, welche darüber angestellt sind, unveränderliche Menge Wasser enthalten, und daß von diesem Wassergehalt mehrere ihrer Eigenschaften abhängig sind (Chevreul). Wenn diese Substanzen, mit Fließpapier umgeben, einem starken Drucke unterworfen werden, so tritt eine gewisse Menge von diesem Wasser aus. Frische und geschmeidige Sehnen verlieren unter diesen Umständen 37,6 pCt., die gelben Bänder der Rückenwirbel 35 pCt. Wasser. Dieser Eigenschaft, durch Druck Wasser abzugeben, begegnen wir nur bei porösen Substanzen; es ist klar, daß nur diejenige Wassermenge durch Druck (in Folge der Verkleinerung der Poren) ausgepreßt werden kann, welche durch chemische Anziehung nicht festgehalten ist. Im hohen Grade bemerkenswerth ist, daß dieses nicht gebundene Wasser an den Eigenschaften, welche diese Substanzen in frischem Zustande zeigen, den größten Antheil zu haben scheint, denn die gepreßten Sehnen und die gelben Bänder werden durchsichtig, die ersteren verlieren ihre Biegsamkeit, die anderen ihre Elasticität; werden sie wieder in Wasser gelegt, so nehmen sie diese Eigenschaften vollkommen wieder an. In den Poren einer porösen Substanz sind die Flüssigkeitstheilchen von zweierlei Anziehung festgehalten, durch die Affinität einerseits, welche zwischen den Wänden der Poren und den ungleichartigen Wassertheilchen thätig ist, und durch die Cohäsion, welche zwischen den Wassertheilchen selbst wirkt. Es scheint, als ob die Wassertheilchen in einen ungleichen Zustand hierdurch versetzt werden, welches die Ursache der Verschiedenheit der Eigenschaften der genannten Thiersubstanzen bei ungleichem Wassergehalt zu sein scheint.

Wenn die weite Oeffnung der Röhre *A*, Fig. 1., mit einer Blase überbunden, bis an den Strich *a* mit Wasser angefüllt und in die senkrechte engere Röhre Quecksilber gegossen wird, so sieht man, wenn die Quecksilbersäule eine gewisse Höhe erreicht hat, die ganze Oberfläche der Blase mit feinen Tröpfchen sich bedecken, welche, wenn der Druck des Quecksilbers um einige Linien erhöht war, zu größeren Tropfen sich vereinigen, die unausgesetzt ausfließen, wenn man das Quecksilber durch Nachgießen auf derselben Höhe erhält, bis zuletzt der weite Theil der Röhre von allem Wasser entleert und mit Quecksilber gefüllt ist.

Fig. 1.



Salzwasser, fettes Oel, Alkohol u. s. w. verhalten sich dem Wasser völlig gleich, unter einem gewissen Drucke fließen diese Flüssigkeiten durch eine thierische Membran, in ganz gleicher Weise wie Wasser durch ein Filter von Papier.

Der Druck, welcher erforderlich ist, um diese tropfbaren Körper durch die Poren der Thiersubstanz durchfließen zu machen, ist abhängig von der Dicke der Membran und der chemischen Natur der verschiedenen Flüssigkeiten.

Durch eine Ochsenblase von $1/10$ Linie Dicke fließt Wasser unter einem Drucke von 12 Zoll Quecksilber, eine gesättigte Kochsalzlösung bedarf eines Druckes von 18—20 Zoll, Oel (Knochenöl) fließt aus bei 34 Zoll. Unter einem Drucke von 48 Zoll fließt Alkohol durch eine Blase von der angegebenen Dicke noch nicht aus.

Durch den Bauchfellüberzug einer Ochsenleber von $1/20$

Linie Dicke fließt Wasser bei einem Drucke von 8—10 Zoll, Salzwasser bei 12—16 Zoll und Oel bei 22—24 Zoll, Alkohol bei 36—40 Zoll Quecksilber aus.

Durch den Bauchfellüberzug einer Kalbsleber von $^1/_{166}$ Linie Dicke fließt Wasser durch den Druck einer Wassersäule von 4 Zoll, Salzwasser unter dem Drucke einer Salzwassersäule von 8—10 Zoll, Oel unter einem Drucke von 3 Zoll Quecksilber aus.

Bei der Anstellung dieser Versuche beobachtet man, daß bei längerer Dauer derselben der Druck, welcher nöthig ist, um die Flüssigkeit durch die Haut gehen zu machen, sich nicht gleich bleibt. Wenn in den ersten sechs Stunden hierzu ein Druck von 12 Zoll Quecksilber erforderlich war, so reichen nach 24 oder 36 Stunden 8, oft schon 6 Zoll Quecksilber hin, um durch dieselbe Haut Wasser hindurch zu treiben, offenbar weil durch die lange Berührung mit Wasser die Haut eine Veränderung erfährt, in Folge welcher die Poren erweitert werden.

Aus diesen Versuchen erhellt, daß die Filtrirbarkeit einer Flüssigkeit durch eine thierische Membran mit der Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen nicht im Verhältniß steht; bei demselben Drucke, bei welchem Wasser, Salzwasser und Oel durch die Blase gehen, fließt der leichter bewegliche Alkohol noch nicht durch.

An dem Durchgangsvermögen einer Flüssigkeit durch eine thierische Haut hat die Benetzbarkeit der Thiersubstanz und ihr Absorptionsvermögen für diese Flüssigkeiten einen gewissen Antheil.

Was das letztere betrifft, so giebt die folgende Tabelle hierüber Aufschluß:

100 Gewichtstheile trockener Ochsenblase nehmen in 24 Stunden auf:

reines Wasser	268	Vol.
mit Kochsalz gesättigtes Wasser (1,204 spec. Gew.)	133	»
Weingeist von 84 Proc..	38	»
Knochenöl	17	»

100 Gewichtstheile Ochsenblase in 48 Stunden:

reines Wasser	310	Gewthle.
v. ein. Mischg. v. $1/3$ Wasser u. $2/3$ Salzwasser	219	»
» » » » $1/2$ » » $1/2$ »	235	»
» » » » $2/3$ » » $1/3$ »	288	»
» » » » $1/2$ Alkohol » $1/2$ Wasser	60	»
» » » » $1/3$ » » $2/3$ »	181	»
» » » » $1/4$ » » $3/4$ »	290	»

100 Theile trockener Schweineblase nehmen auf in 24 Stunden:

reines Wasser.	356	Volumthle.
mit Kochsalz gesättigtes Wasser	159	»
Knochenöl	14	»

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, daß das Absorptionsvermögen der thierischen Membranen für verschiedenartige Flüssigkeiten sehr ungleich ist; unter allen wird reines Wasser in größter Menge aufgenommen, und es vermindert sich das Absorptionsvermögen derselben für Salzwasser in einem gewissen Verhältnisse, wie der Salzgehalt zunimmt. Ein ähnliches Verhalten zeigen die thierischen Membranen gegen Alkohol, eine Mischung von Alkohol und Wasser wird in um so größerer Menge aufgenommen, je weniger Alkohol sie enthält*).

*) In dieser Eigenschaft unterscheiden sich die Membranen in keiner Weise von anderen Thierbestandtheilen, sowie dies längst von Chevreul dargethan ist. Dieser ausgezeichnete Naturforscher fand

Weder durch Alkohol noch durch Oel empfangen die thierischen Membranen die Eigenschaften, die sie in mit Wasser gesättigtem Zustande zeigen; eine trockene Blase bleibt in Alkohol und Oel hart und spröde, ihre Biegsamkeit wird durch die Aufnahme dieser Flüssigkeiten in keiner Weise erhöht. Werden die mit Oel gesättigten Sehnen, gelben Bänder der Rückenwirbel, Ligamente (Chevreul) und Blase in Wasser gelegt, so tritt das Oel vollkommen aus und sie nehmen dieselbe Menge Wasser auf, wie wenn sie vorher mit Oel nicht in Berührung gekommen wären.

Es ist erwähnt worden, daß 100 Thle. thierische Membran (Ochsenblase) in 24 Stunden 268, in 48 Stunden 310 Vol. Wasser und nur 133 Vol. gesättigtes Salzwasser absorbiren; es folgt hieraus von selbst, daß, wenn die durch 48stündige Berührung mit Wasser gesättigte (und mit Fließpapier ohne Pressung wohl abgetrocknete) Blase mit Kochsalz bestreut wird, an allen Punkten, wo Salz mit dem die offenen Poren erfüllenden Wasser in Berührung kommt, eine gesättigte Salzlösung entsteht, deren Salzgehalt sich gleichmäßig in das Wasser der Blase vertheilt. Von den 310 Vol. Wasser, die sich mit Salz sättigen, werden nur 133 in der Blase zurückgehalten, und in Folge dieser gerin-

---

in 24 Stunden von den folgenden Thiersubstanzen an Wasser, Salzwasser und Oel absorbirt:

	CC^m Wasser	CC^m Salzwasser	Oel
100 Gr. Ohrknorpel	231	125	—
100 » Sehnen	178	114	8,6
100 » gelbe Bänder . . .	148	30	7,2
100 » Hornhaut	461	370	9,1
100 » knorpelige Ligamente .	319	—	3,2

100 Gr. trockenes Fibrin absorbirt 301 Wasser und 148 Weingeist von 69 Proc. (J. L.)

100 » » » » 184 Gewichtstheile oder 154 Volumtheile Salzwasser.

geren Absorptionsfähigkeit der Blase für das Salzwasser treten 177 Vol. Flüssigkeit aus, welche in Tropfen davon abfließt.

In ganz gleicher Weise verhalten sich Membranen, ein Stück Muskelfleisch, Fibrin, gegen Alkohol. In frischem oder mit Wasser durchdrungenem Zustande in Alkohol gelegt, entstehen an allen Punkten, wo sich Wasser und Alkohol in der Thiersubstanz berühren, Mischungen von beiden, und da die Thiersubstanz von einer alkoholhaltigen Flüssigkeit weit weniger absorbirt, als von reinem Wasser allein, so tritt mehr Wasser aus, als Alkohol ein.

9,17 Grm. mit Wasser gesättigter Blase (worin 6,95 Wasser und 2,22 Grm. trockene Substanz) werden, in 40 Cubikcentimeter Alkohol gelegt, in 24 Stunden zu 4,73 Grm. und verlieren mithin an Gewicht 4,44 Grm. In den 4,73 Grm., welche bleiben, sind 2,22 Grm. feste Substanz und 2,51 Grm. Flüssigkeit enthalten. Nimmt man an, daß die letztere dieselbe Zusammensetzung habe, wie die Flüssigkeit außerhalb (84 Alkohol und 16 Wasser), nämlich 2,11 Alkohol und 0,40 Wasser, so sind von den ursprünglich darin enthaltenen 6,95 Grammen Wasser 6,45 Grm. aus- und 2,11 Grm. Alkohol eingetreten. Für 1 Vol. Alkohol, welcher in die Blase eintrat, sind demnach etwas über 3 Vol. Wasser ausgetreten.

Indem in diesem Falle weit mehr Wasser austritt, als Alkohol aufgenommen wird, so ist die nächste Folge ein Zusammenschrumpfen der Thiersubstanz *).

---

*) Fibrin und andere Thiersubstanzen verhalten sich der Ochsenblase ganz gleich; 26,02 Grm. mit Wasser gesättigtes Fibrin (worin 6,48 feste Substanz und 19,54 Wasser) wurden in 45 Grm. absolutem Alkohol zu 16,12 Grm., verlieren mithin an Gewicht 9,90 Grm. Angenommen, die absorbirt gebliebene Flüssigkeit besäße denselben

Wenn die thierische Blase von Salzwasser und reinem Wasser oder von Alkohol und Wasser gleichviel dem Raume nach in sich aufnehmen, d. h. absorbiren könnte, so würde beim Bestreuen einer mit Wasser gesättigten Blase mit Kochsalz, oder beim Zusammenbringen derselben mit Alkohol das Volum der absorbirten Flüssigkeit ungeändert bleiben müssen, es würde von der Thiersubstanz ein gleiches Volum Salzwasser oder einer Mischung von Wasser und Alkohol zurückgehalten werden; da aber die Absorptionsfähigkeit der Thiersubstanzen für Wasser durch Zusatz von Kochsalz oder Alkohol zu dem Wasser vermindert wird, so folgt hieraus von selbst, daß eine gewisse Menge Wasser austreten muß, sobald es durch Aufnehmen von einem dieser Körper in seiner Beschaffenheit verändert wird.

Das Verhalten von mit Wasser durchdrungener Blase, von Fibrin und anderen Thiersubstanzen gegen Alkohol und Salzwasser beweist, daß das Zusammenschrumpfen (die Volumabnahme) derselben nicht auf einer einfachen Wasserentziehung in Folge der Affinität des Alkohols und Salzes beruht, denn es ist vollkommen gewiß, daß die Anziehungen des Alkohols zum Wasser und die des Wassers zum Alkohol einander ganz gleich sind. Die Anziehung des Wassers innerhalb der Thiersubstanz zum Alkohol außerhalb ist eben so stark, wie die Fähigkeit des Alkohols außerhalb, sich mit dem Wasser innerhalb zu verbinden. Es tritt weniger Alkohol ein und mehr Wasser aus, weil die Thiersubstanz weniger Anziehung zu der Mischung von Alkohol und Wasser, als zu dem Wasser allein besitzt. Der Alkohol außerhalb wird

---

Alkoholgehalt wie die andere (70 Proc.), so ergiebt sich, daß für 1 Volum Alkohol, welches in die Substanz des Fibrins aufgenommen wird, nahe an $2\frac{1}{2}$ Vol. Wasser sich abscheiden.

wasserhaltig, dem Wasser innerhalb mischt sich eine gewisse Menge Alkohol bei, und dieser Austausch findet erst dann eine Grenze, wenn die Anziehungen des Wassers zur Thiersubstanz und zum Alkohol sich im Gleichgewichte befinden.

Wenn wir uns ein Stück Haut oder Blase oder Fibrin aus einem System von Capillarröhren zusammengesetzt denken, so sind die Poren oder die feinen Röhren in frischem Zustande mit einer wässerigen Flüssigkeit angefüllt, welche durch Capillarwirkung am Ausfließen gehindert ist.

Es findet aber ein Ausfließen aus diesen Capillarröhren Statt, wenn die sie erfüllende Flüssigkeit durch Aufnahme von Kochsalz, Alkohol oder anderen Körpern in ihrer Zusammensetzung geändert wird.

Legt man zwei Stücke mit Salzwasser von 1,204 spec. Gew. gesättigter Blase auf einander und auf das oberste ein gleich großes Stück Blase, welches mit Wasser gesättigt ist, und läßt sie ohne weitere Pressung einige Minuten auf einander liegen, so bemerkt man alsdann, wenn die beiden mit Salzwasser getränkten Blasenstücke auseinander genommen werden, daß sich zwischen denselben tropfbares Salzwasser befindet, von dem man vorher keine Spur wahrnahm. Wenn das mit Wasser gesättigte Blasenstück 5 Vol. Wasser, das zunächstliegende mit Salzwasser gesättigte 3 Vol. Salzwasser enthielte, so müßten nach der Mischung beider 8 Vol. verdünntes Salzwasser entstehen, von denen jedes Blasenstück die Hälfte, nämlich 4 Vol., enthalten müßte, wenn das Aufsaugungsvermögen des mit Salzwasser getränkten Stückes durch Aufnahme von Wasser in eben dem Verhältniß zunähme, als das andere an dieser Fähigkeit durch Aufnahme von Salz verliert. Die salzhaltige Flüssigkeit würde 1½ Vol.

Salzwasser an die andere abgegeben und $2\frac{1}{2}$ Vol. Wasser von derselben empfangen haben. In diesem Falle würde die Mischung in den beiden Blasenstücken denselben Raum einnehmen, den ihre Gemengtheile (Wasser und Salzwasser) in jedem einzelnen einnahmen. Das Ausfließen der Flüssigkeit nach dem dritten mit Salzwasser gesättigten Blasenstück hin beweist aber, daß die beiden darüberliegenden Blasenschichten von der in ihren Poren neu entstehenden Mischung von Salzwasser und Wasser weniger dem Volum nach aufnehmen, als das eine Blasenstück von Wasser, das andere von Salzwasser allein absorbirt. Die Fähigkeit, Wasser zurückzuhalten, nimmt durch Hinzutreten von Salz zu dem mit Wasser getränkten Blasenstück ab, es tritt Flüssigkeit aus, aber durch das Hinzutreten dieses Wassers zu dem mit Salzwasser gesättigten Blasenstück nimmt das Absorptionsvermögen dieses Stückes nicht in demselben Verhältniß, in welchem sich der Salzgehalt verringert, zu, sondern in einem kleineren.

Die beschriebenen Versuche zeigen, daß die Anziehung der porösen Thiersubstanz zu dem absorbirten Wasser die Mischung dieses Wassers mit anderen Flüssigkeiten nicht hindert.

Die Durchdringlichkeit der Thiersubstanzen von Flüssigkeiten aller Art und die Mischbarkeit der aufgesaugten Flüssigkeiten mit anderen, die mit der Thiersubstanz in Berührung gebracht werden, läßt sich durch die einfachsten Versuche darthun.

Benetzt man die eine Seite einer dünnen Membran mit Blutlaugensalz und die entgegengesetzte mit Eisenchloridlösung, so sieht man in der Substanz der Blase augen-

blicklich einen blauen Fleck von abgeschiedenem Berlinerblau (Joh. Müller) entstehen.

Alle Flüssigkeiten, die beim Zusammenmischen eine Veränderung in ihrer Natur oder ihrer Beschaffenheit erleiden, verhalten sich, wenn sie durch eine thierische Haut getrennt sind, auf ganz ähnliche Weise, sie mischen sich in den Poren der Haut, in der Substanz der Haut nimmt die Zersetzung ihren Anfang.

Wenn man das eine Ende einer cylindrischen Glasröhre mit einer Blase überbindet und bis zu einer Höhe von 3—4 Zoll mit reinem Wasser oder mit einer gesättigten Kochsalzlösung anfüllt, so fließen unter diesem schwachen Drucke weder das Wasser, noch das Salzwasser durch die Poren der Blase aus.

Ueberläßt man die mit Salzwasser gefüllte Röhre der Verdunstung an der Luft, so bedeckt sich die der Luft zugekehrte Seite sehr bald mit Salzkrystallen, welche allmälig zu einer dicken Kruste anwachsen. Es ist offenbar, daß die Poren der Blase sich mit Salzwasser anfüllen: an der Seite, welche der Luft zugekehrt ist, verdunstet das Wasser, sein Platz wird eingenommen durch nachdringendes Salzwasser, und das aufgelöst gewesene Salz setzt sich an den äußeren feinen Oeffnungen der Poren in Krystallen ab (s. S. 32). Gießt man in die Röhre verdünntes Salzwasser, so bildet sich an der äußeren Seite der Blase nicht eher eine Salzkruste, als bis das Wasser innerhalb der Röhre das Maximum der Sättigung erreicht hat. Ehe dies geschieht, nimmt man in der Röhre, wenn die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt wird, zwei Schichten wahr, eine schwerere und eine leichtere, welche auf der andern schwimmt; sobald sich diese Schichten nicht mehr zeigen, so ist die Flüssigkeit in allen Theilen mit Salz gesättigt,

und es setzen sich jetzt außerhalb der Blase durch weitere Verdunstung Salzkrystalle ab. Dieses letztere Verhalten zeigt, daß sich der Salzgehalt von unten nach oben, von der specifisch schwereren nach der specifisch leichteren hin, gleichförmig verbreitet.

Taucht man die mit Blase verschlossene und mit Salzwasser gefüllte Röhre in reines Wasser, so erhält dasselbe die Eigenschaft, durch salpetersaures Silberoxyd getrübt zu werden, selbst wenn die Berührung nur einen Bruchtheil einer Secunde gedauert hat; das die offenen Poren der Membran erfüllende Salzwasser mischt sich mit reinem Wasser, das letztere empfängt eine gewisse Menge Salz.

In gleicher Weise empfängt das reine Wasser Salz, wenn die Röhre statt des Salzwassers mit reinem Wasser gefüllt und die äußere Oberfläche der feuchten Blase mit Salzwasser in Berührung gebracht wird.

Wenn die mit Blase verschlossene und mit Salzwasser angefüllte Röhre längere Zeit mit reinem Wasser in Berührung gelassen wird, so nimmt der Salzgehalt der letzteren zu, der Salzgehalt des Salzwassers nimmt ab, bis zuletzt die Flüssigkeiten, welche durch die Blase getrennt sind, einerlei Verhältniß Salz und Wasser enthalten.

Füllt man die mit Blase verschlossene Röhre mit anderen Flüssigkeiten an, welche eine von dem reinen Wasser durch einen Gehalt von fremden Substanzen verschiedene Beschaffenheit besitzen und die damit mischbar sind, so geht die Mischung beider wie zwischen Kochsalz und Wasser vor sich. In dieser Weise verhalten sich Salzlösungen aller Art, Galle, Milch, Harn, Blutserum, Zucker-, Gummi-Lösung etc. auf der einen Seite und reines Wasser auf der andern. Die concentrirte

Flüssigkeit verliert, die verdünnte gewinnt an salzigen Bestandtheilen.

Füllt man die Röhre mit Wasser und stellt sie in ein Gefäß mit Alkohol, so empfängt das Wasser Alkohol und der Alkohol wird wasserhaltig.

Man beobachtet unter diesen Umständen, wo zwei ungleichartige Flüssigkeiten, durch eine Membran getrennt, sich mit einander mischen, eine Erscheinung besonderer Art; es zeigt sich nämlich in den meisten Fällen während der Zeit der Mischung eine Aenderung in dem Volum der beiden Flüssigkeiten; die eine nimmt an Volum zu, sie steigt, die andere nimmt in gleichem Grade an Volum ab, sie fällt.

Es ist dieser Vorgang der Mischung, welche von einer Volumänderung begleitet ist, von Dutrochet mit den Namen Endosmose und Exosmose bezeichnet worden. Endosmose bezeichnet die Thatsache der Volumzunahme, Exosmose die der Volumabnahme der Flüssigkeiten. Sehr häufig verbindet man mit diesen Namen den Begriff der unbekannten Ursachen oder der Ursachen zusammengenommen, welche in den angegebenen Fällen die Volumänderung bewirken; in einem ähnlichen Sinne, wie man unter dem Worte Capillarität die Ursachen begreift, welche das in die Höhesteigen tropfbarer Flüssigkeiten in engen Röhren bedingen.

In allen Fällen ist die Volumzunahme der einen Flüssigkeit vollkommen gleich der Volumabnahme der anderen, abgesehen von der Verdichtung oder der Volumabnahme, welche die Flüssigkeiten beim bloßen Zusammenmischen zeigen (Alkohol und Wasser z. B.), oder durch die Verdunstung erleiden. Auf die Schnelligkeit der Volumänderung und Mischung beider Flüssigkeiten hat die ungleiche Concentration, oder die

ungleiche Dichtigkeit derselben einen bestimmten Einfluß, aber die letztere kann nicht als die Ursache dieser Erscheinung angesehen werden. In den meisten Fällen nimmt die dichtere Flüssigkeit an Volum zu, in anderen zeigt sich das Gegentheil.

Wenn die Röhre Salzwasser und das Gefäß reines Wasser enthält, so nimmt z. B. das Salzwasser (die dichtere Flüssigkeit) an Volum zu, enthält aber die Röhre Wasser und das Gefäß Alkohol, so nimmt das Wasser (die dichtere Flüssigkeit) an Volum ab.

Was die Mischung beider Flüssigkeiten betrifft, so hat hieran die Blase einen bestimmten Antheil, insofern sie Poren hat, durch welche die beiden Flüssigkeiten mit einander sich in Berührung befinden.

In Beziehung auf die Porosität der Blase steht die Schnelligkeit der Mischung beider Flüssigkeiten in geradem Verhältniß zu der Anzahl der Theilchen beider Flüssigkeiten, die in einer gegebenen Zeit mit einander in Berührung kommen, sie ist abhängig von der Oberfläche beider Flüssigkeiten (der Größe der Membran) und dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten.

Der Einfluß der Oberfläche auf die Zeit der Mischung bedarf keiner besonderen Erläuterung, der des ungleichen specifischen Gewichtes wird durch die folgenden Versuche einleuchtend werden.

Füllt man die Röhre *ab*, Fig. 2. (a. f. S.), welche an dem einen Ende mit Blase verschlossen, an dem anderen offen ist, mit blaugefärbtem*) Salzwasser an und gießt in die

*) Hierzu dient am besten eine Auflösung von Indigo in verdünnter Schwefelsäure, die man mit Bleiessig so lange versetzt hat, als sich noch indigschwefelsaures und schwefelsaures Bleioxyd niederschlägt,

Röhre *c* etwas reines Wasser, so sieht man nach kurzer Zeit unterhalb der Blase eine Schicht farbloser oder kaum gefärbter Flüssigkeit schwimmen, die sich stundenlang an diesem Orte hält.

Fig. 2.

Wird die gekrümmte Röhre *ab* mit farblosem Wasser angefüllt und in die Aufsatzröhre *c* mit Indigotinctur blaugefärbtes Salzwasser gegossen, so beobachtet man nach einiger Zeit in der Röhre *c* oberhalb der Blase gleichfalls eine farblose oder kaum gefärbte Schicht Flüssigkeit.

Es geht hieraus hervor, daß durch die Substanz der Blase ein Austausch beider Flüssigkeiten vor sich geht; es tritt ungefärbtes reines Wasser aus der Röhre *c* zum Salzwasser in der Röhre *ab*, oder farbloses Salzwasser aus der Röhre *ab* zu dem gefärbten reinen Wasser in der Röhre *c*.

Es ist klar, daß das Salzwasser in der Röhre *ab*, welches sich in Berührung mit der Blase befindet, durch Aufnahme von Wasser aus der Röhre *c* verdünnt wird, aber dieses verdünnte Salzwasser ist specifisch leichter, als das concentrirte, welches sich abwärts befindet, es wird an dessen Oberfläche schwimmend erhalten.

Das reine Wasser in der Röhre *c*, dem sich Salzwasser aus der Röhre *ab* beimischt, ist schwerer, als das reine Wasser, es bedeckt die dem Wasser zugekehrte Seite der Blase.

---

von dem Niederschlage abfiltrirt und sodann bis zur Trockne im Wasserbade abdampft. Eine Spur des blauen Rückstandes reicht hin, um große Mengen Wasser blau zu färben.

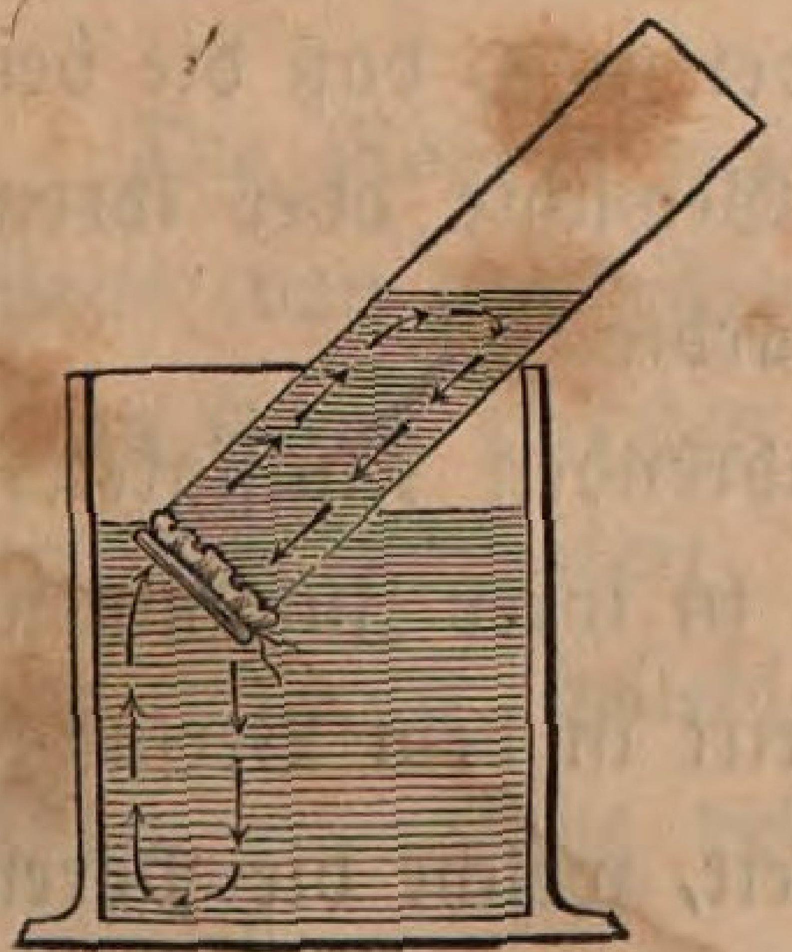
Es folgt hieraus von selbst, daß von dem Augenblicke an, wo sich diese beiden Schichten oberhalb und unterhalb der Blase gebildet haben, weder concentrirtes Salzwasser, noch reines Wasser fernerhin mit der Blase in Berührung sich befinden.

Von der Blase abwärts in der Röhre *ab* sind Schichten Flüssigkeit, welche mehr Salz, von der Blase aufwärts in der Röhre *c* Schichten, welche mehr Wasser enthalten.

Im Anfang dieses Versuches beobachtet man, daß das Votum des reinen Wassers und Salzwassers sich in beiden Röhren ändert; die Flüssigkeit in dem Schenkel *b* nimmt um 1—2 Linien zu, aber sobald sich die erwähnten Schichten unterhalb und oberhalb der Blase deutlich gebildet haben, so ist ein ferneres Steigen kaum bemerklich, obwohl die Mischung beider Flüssigkeiten fortdauert; das Wasser in *c* wird immer salzhaltiger, das Salzwasser in *ab* verliert an Salz.

Wenn man den Platz, den die beiden Flüssigkeiten in diesem Apparate einnehmen, umkehrt, oder was einfacher ist, wenn man eine etwa 1 Centimeter weite Röhre mit Blase verschließt, mit Salzwasser füllt, und in ein Gefäß mit reinem Wasser eintauchen läßt und der Röhre mit Salzwasser eine etwa um 45° geneigte Stellung giebt, so beobachtet man (besonders deutlich, wenn beide Flüssigkeiten aufgeschlämmte feine Indigotheilchen enthalten) in beiden Flüssigkeiten eine beständige Bewegung; man sieht in der Röhre (Fig. 3. a.) einen Strom Flüssigkeit von der Blase aus in der Richtung des Pfeils sich erheben und auf der anderen Seite wieder abwärts

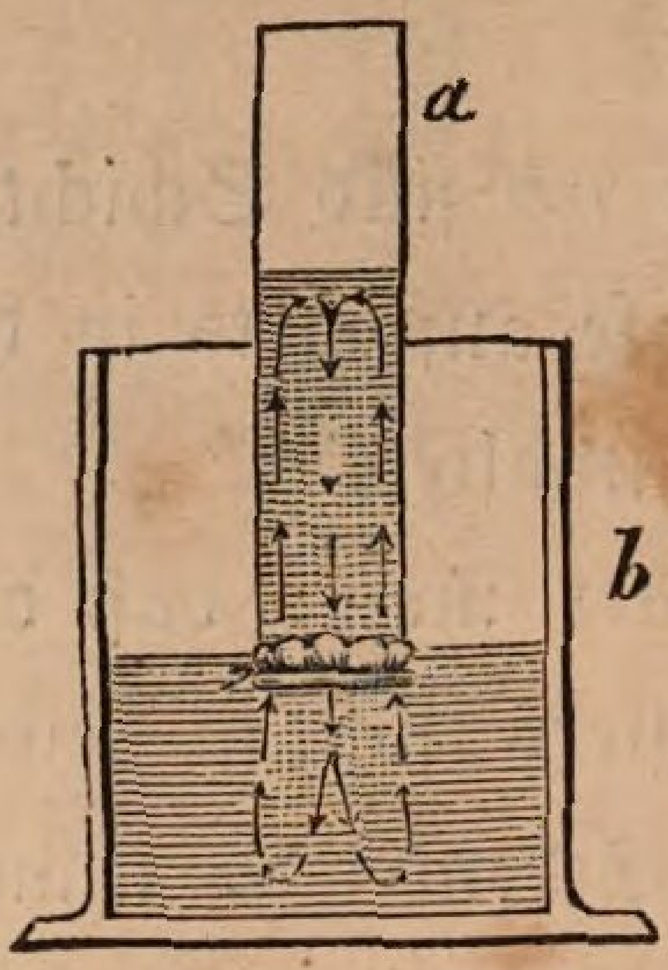
Fig. 3. a.



fließen, eine ähnliche rotirende Bewegung ist in dem Gefäße mit Wasser wahrnehmbar.

Ist die mit Salzwasser gefüllte Röhre etwa 2 Centimeter weit und stellt man sie senkrecht in das Gefäß mit Wasser, so geht die Bewegung von der Mitte aus, in beiden beobachtet man Strömungen, die einander entgegengesetzt sind (Fig. 3. b.).

Fig. 3. b.



Diese Strömungen bedürfen kaum einer Erklärung. Zu dem Salzwasser in der Röhre tritt durch die Blase reines Wasser, es entsteht am Boden eine Mischung, welche weniger Salz enthält und specifisch leichter ist, als das concentrirtere Salzwasser; diese specifisch leichtere Mischung steigt in die Höhe und es tritt concentrirteres Salzwasser an ihren Platz.

Auf der anderen Seite empfängt das reine Wasser von der Blase aus Salz, und wird dadurch specifisch schwerer; indem es zu Boden fällt, kommt ein salzärmeres Wasser mit der Blase wieder in Berührung. So lange die eben erwähnte Bewegung deutlich wahrgenommen wird, beobachtet man eine fortdauernde Volumzunahme des Salzwassers, oder eine Volumabnahme des reinen Wassers; mit dem Aufhören der Bewegung hat das Steigen eine Grenze, und wenn dies nicht mehr wahrgenommen wird, so findet man, daß die beiden Flüssigkeiten in ihrem specifischen Gewichte oder ihrem Salzgehalte kaum eine Verschiedenheit darbieten.

Wenn die beiden die Blase berührenden Flüssigkeitsschichten keine merkliche Verschiedenheit in ihrer Zusammensetzung haben (wie dies sehr rasch eintritt in dem Versuche, Fig. 2., wo der Salzgehalt der Flüssigkeit, welche die Poren

der Blase erfüllt, kaum abweichen kann von dem der nächsten Flüssigkeitsschicht), so findet die Mischung beider Flüssigkeiten Statt, aber ohne weitere Volumänderung. Wenn aber ein Wechsel des Ortes der auf beiden Seiten der Blase entstehenden Mischungen in Folge des ungleichen specifischen Gewichtes stattfinden kann, und eine dauernde Verschiedenheit der Flüssigkeitsschichten auf beiden Seiten der Blase gegeben ist, so lange, z. B. wie bei dem Salzwasser, die eine Seite der Blase mit einer concentrirten, die andere mit einer verdünnteren Flüssigkeit sich in Berührung befindet, so dauert die Volumänderung beider Flüssigkeiten fort.

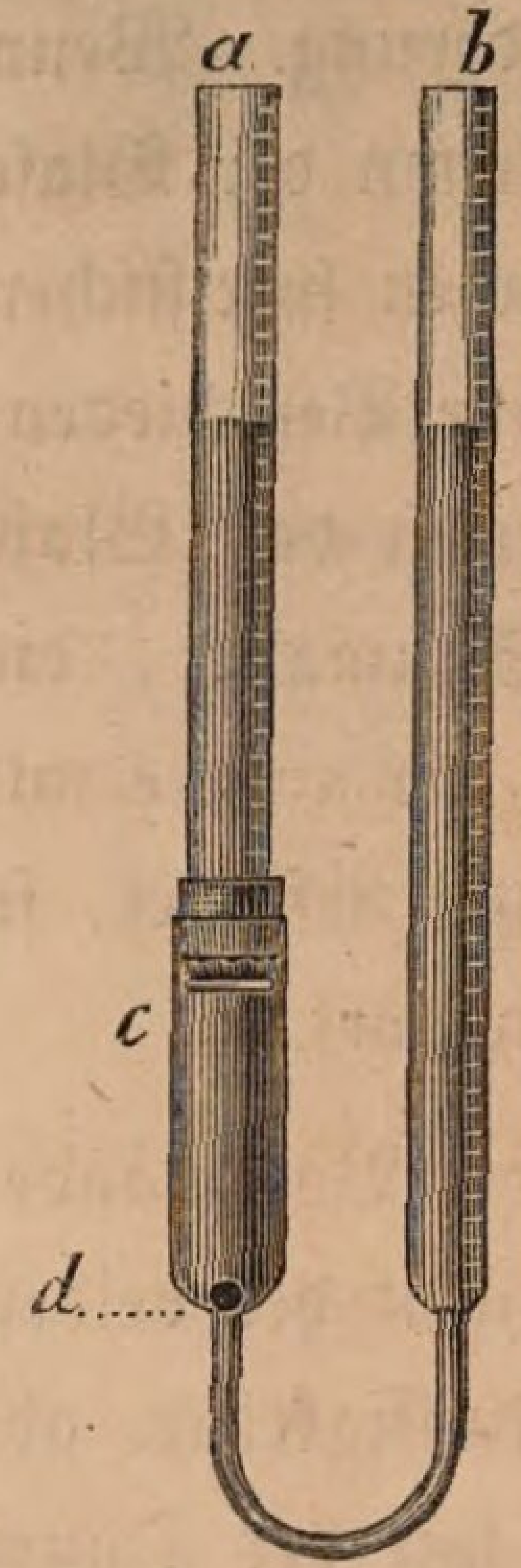
Wie aus diesen Versuchen erhellt, hängt die Volumänderung von einem Unterschiede in der Beschaffenheit der beiden durch die Blase in Verbindung stehenden Flüssigkeiten ab, und es steht die Dauer der Volumänderung mit der Dauer dieser Differenz in geradem Verhältniß. Je größer die Verschiedenheit in der Beschaffenheit oder Zusammensetzung beider Flüssigkeiten ist und je rascher sich durch den Wechsel der die Blase berührenden Flüssigkeitsschichten die Differenz erneuert, um so rascher nimmt die eine Flüssigkeit an Volumen zu und die andere ab.

Der folgende Apparat ist sehr bequem, um die in Folge ihrer Mischung eintretende Volumänderung zweier durch eine Membran getrennter Flüssigkeiten zu messen.

Die Röhren *ab* (Fig. 4. a. f. S.) sind von einerlei Weite (von demselben Röhrenstück genommen). Die Röhre *a* ist an ihrem unteren Ende mit Blase verschlossen, sie wird mit der Flüssigkeit, deren Steighöhe bestimmt werden soll, bis zu einer beliebigen Höhe angefüllt, und ist in die Röhre *c*, welche destillirtes Wasser enthält, mittelst eines

gut schließenden Korkes mit Ausschluß aller Luftbläschen

Fig 4..

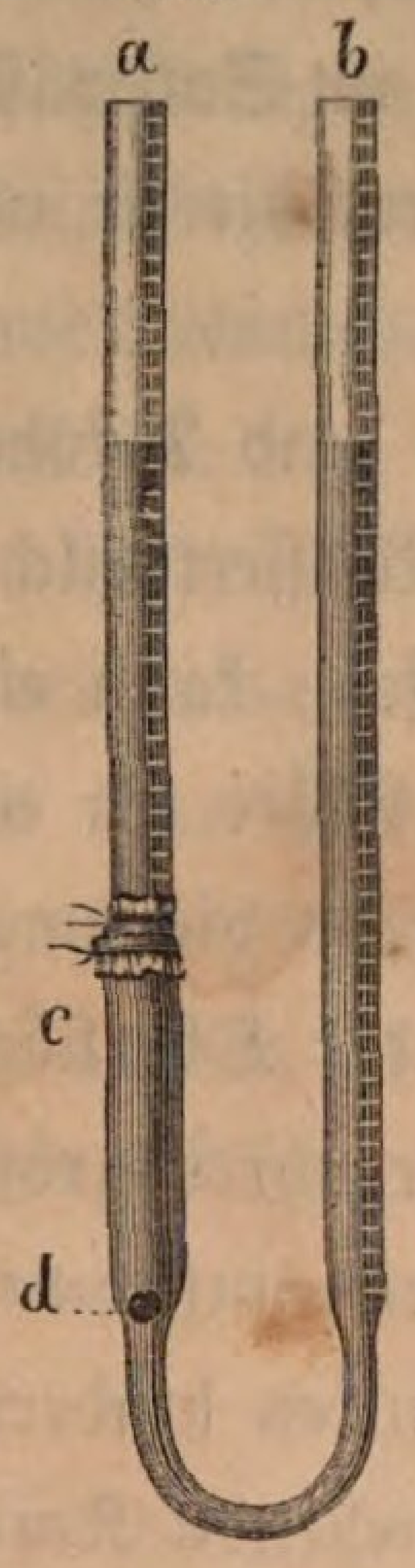


eingesetzt. Bei *d* liegt ein kleines Bleischrotkorn, welches ventilartig die Oeffnung der Capillarröhre schließt. In die Röhre *b* gießt man reines Wasser und zwar, um das Gewicht des Schrotkorns im Gleichgewicht zu halten, etwas mehr Wasser, als zur Herstellung des Niveaus in beiden Röhren *a* und *b* nöthig ist.

Die Flüssigkeit in *a* nimmt an Volum zu, und es kann die Steighöhe durch eine beliebige Eintheilung in gleiche Volumtheile abgelesen werden, in *b* nimmt das Niveau des Wassers in gleichem Verhältniß ab. Wenn man die Flüssigkeit in *h* durch Nachgießen von frischem Wasser auf dem ursprünglichen Standpunkte erhält, und das aus einem Tropfglase nachzugießende Wasser durch den Gewichtsverlust des Tropfglases wiegt, so kennt man das Gewicht und gleichzeitig das Volumen des Wassers, welches aus der Röhre *c* in die Röhre *a* getreten ist. Dieser Apparat ist natürlich einer Menge Abänderungen und Verbesserungen fähig; ich habe denselben benutzt, um das Verhalten des Salzwassers zu reinem Wasser unter diesen Umständen zu prüfen. Es stellte sich unter Anderem heraus, daß, wenn die Röhre *a* gesättigte Kochsalzlösung enthielt, ihr Volumen nahe um $1/2$ zunahm, d. h. 200 Vol. Salzwasser wurden zu 300 Vol. Diese Bestimmungen sind übrigens nicht der Zweck der gegenwärtigen Untersuchung, und ich übergehe sie deshalb ganz.

Die folgende Einrichtung (Fig. 5.) wird vielleicht vor der eben beschriebenen für manche Fälle den Vorzug verdienen; die Construction derselben beruht auf der Beobachtung, daß für die Erscheinung selbst und für das Resultat des Versuches es gleichgültig ist, ob die Röhre mit einer einfachen, doppelt oder dreifach aufeinander gelegten Blase*) verschlossen ist. Für die Prüfung des Verhaltens sehr dünner Membranen, welche Flüssigkeiten schon unter einem schwachen Druck durchfiltriren lassen, ist, wie sich von selbst versteht, der Apparat (Fig. 4.) besser geeignet.

Fig. 5.



Für die Erklärung dieser Erscheinung der eintretenden Volumänderung zweier durch Membranen getrennter Flüssigkeiten, hat man zu unterscheiden:

1) die Mischung der ungleichartigen Flüssigkeiten,

2) die Volumänderung derselben.

Was die Mischung zweier Flüssigkeiten von ungleicher Natur und Beschaffenheit betrifft, so ist diese stets abhängig von einer chemischen Anziehung. In einer Mischung von Alkohol und Wasser, oder von Salzwasser und Wasser befinden sich überall und an allen Orten gleichviel Alkohol- und Wasser- oder gleichviel Salz- und Wassertheilchen. Wären in der einen die am Boden befindlichen leichteren Alkoholtheilchen am

---

*) Zu diesen Versuchen lassen sich Membranen aller Art benutzen; bei dünneren Membranen (Harnblase vom Kalb und Schwein) gehen die Versuche rascher als bei dicken (Gallenblase und Harnblase vom Ochsen); den Vorzug vor anderen verdient der Bauchfellüberzug der Leber vom Ochsen und Kalb.

Die Röhre c wird unter Wasser mit Blase zugebunden.

Orte und in der Lage, die sie einnehmen, nicht festgehalten von den umgebenden Wassertheilchen, so würden sie sich ohne Zweifel nach der Oberfläche hin begeben, die Salztheilchen im Salzwasser werden am Sinken gehindert und getragen durch die sie umgebenden leichteren Wassertheilchen.

Ohne eine Anziehung, welche alle Salz- und Alkoholtheilchen zu allen Wassertheilchen, oder alle Wassertheilchen zu allen Salz- und Alkoholtheilchen haben müssen, kann eine gleichförmige Mischung nicht gedacht werden. Wäre ein einziges Alkoholtheilchen minder stark angezogen, als die umgebenden Wassertheilchen, so würde sich dieses der Oberfläche zu bewegen, die Salztheilchen würden in Folge ihres größeren specifischen Gewichtes allmälig den Boden einnehmen, wenn nicht eine Ursache sie am Steigen oder Sinken hinderte, die hier keine andere sein kann, als eine anziehende Kraft, welche sie an dem Orte festhält, wo sie sich befinden.

Die Ursache, welche bei unmittelbarer Berührung der kleinsten Theilchen ungleichartiger Materien, oder wenn sie sich in unmeßbar kleinen Entfernungen von einander befinden, einen Wechsel in der Lage dieser kleinsten Theilchen oder in ihren Eigenschaften hervorbringt, oder die sich als Widerstand gegen einen solchen Orts- und Eigenschaftswechsel äußert, bezeichnen wir mit »chemischer Kraft«, und in diesem Sinne sind die Mischung zweier ungleichartiger Flüssigkeiten, das einfache Benetzen eines festen Körpers, das Durchdringen und Aufquellen desselben durch eine Flüssigkeit, Effecte, an welchen die chemische Affinität einen bestimmten Antheil hat; und wenn wir gewohnt sind, den Begriff der Verwandtschaft nur auf solche Vorgänge zu beschränken, wo ein Wechsel in den Eigenschaften der ungleichartigen Materien durch unsere Sinne wahrnehmbar ist, wo

sich zwei Körper, z. B. Schwefelsäure und Kalk oder Schwefelsäure und Quecksilber, mit einander verbinden, dagegen Erscheinungen der genannten Art gewöhnlich auf andere Weise bezeichnen und erklären, so liegt dies lediglich in der unvollkommenen Auffassung von dem Wesen einer Naturkraft.

Ueberall, wo zwei ungleichartige Körper mit einander in Berührung kommen, äußert sich die chemische Verwandtschaft, die eine ganz allgemeine Eigenschaft der Materie ist und keineswegs einer besonderen Klasse von Atomen oder einer besonderen Ordnungsweise derselben angehört; aber nicht in allen Fällen wird durch die Berührung eine chemische Verbindung hervorgebracht.

Die chemische Verbindung ist nur einer der Effecte der Affinität; sie tritt dann ein, wenn die anziehende Kraft stärker ist, als alle Widerstände, die sich ihrer Aeußerung entgegensetzen; sind die Kräfte oder die Ursachen, welche die chemische Verbindung hindern, die Wärme, Cohäsionskraft, elektrische Kraft oder wie sie sonst heißen mögen, überwiegend, so geht die chemische Verbindung nicht vor sich, und es zeigen sich alsdann Wirkungen anderer Art, ohne daß deshalb die chemische Verwandtschaft aufgehoben oder nicht vorhanden wäre.

Das geschmolzene metallische Silber saugt in einem Tiegel, der mit glühenden Kohlen umgeben ist, in einem Raum, in dem wir kaum freien Sauerstoff voraussetzen, sein zehn- bis zwölffaches Volumen reines Sauerstoffgas auf, das metallische Platin zeigt die nämliche Eigenschaft in einem noch weit höheren Grade; aus der atmosphärischen Luft, aus einem Gasgemenge, in welchem der Sauerstoff nur den fünften Theil ausmacht, verdichtet es bei gewöhnlicher Tempera-

tur an seiner Oberfläche eine außerordentlich große Menge Sauerstoffgas (kein Stickgas) und erlangt dadurch Eigenschaften, die ihm sonst nicht zukommen, und wenn Chromoxyd, Porzellanstücke, Asbest in höheren Temperaturen Verbindungen zwischen zwei Gasen, zwischen Sauerstoffgas und Wasserstoffgas oder schwefligsaurem Gas bewirken, welche diese Gase, ohne sich in Berührung mit diesen festen Körpern zu befinden, in derselben Temperatur nicht eingehen, so ist es eben die chemische Kraft dieser festen Körper, der wir diese Wirkungen zuschreiben müssen.

Die Lösung eines Salzes in Wasser ist eine Wirkung der Affinität, und doch wird bis auf den Zusammenhang der Salztheilchen keine einzige chemische Eigenschaft, weder des Lösungsmittels, noch des gelösten Körpers, dadurch verändert.

Das Kochsalz, dessen Krystalle gewöhnlich wasserfrei sind, nimmt bei hohen Kältegraden 38 Proc. Wasser als Krystallwasser auf, nicht, weil hier eine Ursache eintritt, die seine Verwandtschaft zu den Wasseratomen erhöht (weil Kälte keine Ursache, sondern Mangel an einer Ursache ist), sondern weil die höhere Temperatur als Widerstand wirkt, der sich ihrer chemischen Verbindung entgegensetzt; die Kraft der Affinität ist auch in höherer Temperatur ungeschwächt vorhanden.

Wir bringen zu der Auflösung eines Salzes in Wasser Alkohol, und sehen, daß sich jetzt das Salz aus der Flüssigkeit in Krystallen abscheidet, gewiß nur deshalb, weil durch das Hinzukommen einer anderen chemischen Kraft die Größe der Anziehung zwischen den Salz- und Wassertheilchen geändert ist.

Die Wassertheilchen, welche mit den Salztheilchen ver-

bunden waren, äußern eine Anziehung zu den Alkoholtheilchen, und da die letzteren keine oder nur eine schwache Verwandtschaft zu den Salztheilen besitzen, so wird hierdurch die Anziehung der Salztheilchen zu einander verstärkt. Diese Anziehung war vor dem Zusatz des Alkohols in gleicher Stärke da, aber der Widerstand, der sich ihrer Vereinigung entgegensetzte (die chemische Verwandtschaft der Wassertheilchen), war größer. Der Alkohol war nicht Ursache der Abscheidung. Die Ursache der Abscheidung des Salzes aus der Flüssigkeit, seine Krystallisation, ist stets die Cohäsionskraft, durch den Alkohol wurde die Ursache hinweggenommen, die sich ihrer Aeußerung entgegensetzte. Die Verwandtschaft des Kalis zur Schwefelsäure ist bekannt, das schwefelsaure Kali löst sich leicht im Wasser. Mischt man zu einer solchen gesättigten Auflösung ein gleiches Volum Kalilauge (von 1,4 specifisches Gew.), so entsteht sogleich ein Niederschlag von krystallinischem schwefelsaurem Kali, und alle Schwefelsäure scheidet sich in demselben von dem Wasser ab.

In den angeführten Fällen ist der chemische Effect (die Scheidung) abhängig von der Quantität der zugemischten Flüssigkeit (des Alkohols, der Kalilauge), aber in vielen anderen bedarf es nur einer sehr schwachen Aenderung in der Beschaffenheit des Lösungsmittels, um Scheidungen ähnlicher Art hervorzubringen. Leitet man z. B. in eine Auflösung von Eisenblausäure in Wasser (oder was das nämliche ist, in eine Mischung von Blutlaugensalz und Salzsäure) den Dampf von siedendem Aether, so scheidet sich schon nach einigen Augenblicken die Eisenblausäure in Gestalt glänzend weißer oder bläulich weißer Schuppen aus. Indem das Aethergas sich im Wasser löst, verliert dieses sein Auflösungsvermögen, seine Verwandtschaft zu der Eisenblausäure völlig.

Dieser Erfolg ist um so auffallender, da die Eisenblausäure sich beinahe in jedem Verhältniß im Wasser löst, während von dem Aether eine weit kleinere Menge aufgelöst wird ($^1/_{10}$ von dem Volum des Wassers).

Die Anziehung, welche Flüssigkeiten zu manchen feinzertheilten festen Körpern zeigen, welche ganz unlöslich darin sind, die Adhäsion fester und flüssiger Körper kann durch ganz ähnliche Ursachen verändert, verstärkt oder aufgehoben werden.

Es wird häufig wahrgenommen, daß nach heftigen Regengüssen das Wasser von Bächen und Flüssen durch feinzertheilte Thontheile gefärbt und trübe wird und daß ein solches Wasser auch nach wochenlangem Stehen oder häufigem Filtriren seine ursprüngliche Klarheit und Durchsichtigkeit nicht wiedererhält. Das Wasser des gelben Flusses in China, besitzt den größten Theil des Jahres hindurch diese Beschaffenheit, und durch französische Missionäre weiß man, daß in Peking zur Klärung dieses Wassers der gewöhnliche Alaun im allgemeinsten Gebrauch ist. Man darf in der That in ein solches, durch feinen Schlamm getrübtes Wasser nur einen Alaunkrystall einige Augenblicke eingetaucht erhalten, um augenblicklich eine Abscheidung der trübenden Theile vor sich gehen zu sehen. Man sieht im Anfang große Flocken entstehen, die immer dichter werden, bis sie sich zuletzt in dem völlig klaren durchsichtigen Wasser zu Boden setzen, in welchem durch Reagentien kaum Spuren von Alaun entdeckt werden können. Die analytische Chemie ist reich an solchen Beförderungsmitteln der Abscheidung von Niederschlägen.

In diesen Fällen sieht man, daß durch die Aenderung der Beschaffenheit des Wassers, in Folge einer, wie wir sagen, einfachen Mischung mit einem fremden Körper, seine

Fähigkeit, sich mit anderen zu verbinden, aufgehoben oder geschwächt wird.

Es ist bekannt, daß die Kraft, mit welcher in einer Auflösung die Theilchen der Flüssigkeit und die des gelösten Körpers einander anziehen, sehr ungleich ist, und in dieser Beziehung ist die Wirkung vieler fester Körper auf Salzlösungen ganz besonders merkwürdig, insofern dadurch dargethan wird, daß dieselbe Molekularkraft, welche die Erscheinungen der Cohäsion, der Benetzung fester Körper durch Flüssigkeiten bedingt, identisch mit der chemischen Verwandtschaft ist, da auch durch sie chemische Verbindungen zerlegt werden können. Professor Graham hat z. B. zuerst gezeigt, daß die gewöhnliche, durch Säuren von allen löslichen Bestandtheilen befreite Kohle aus Auflösungen von Bleisalzen, Brechweinstein, Kupferoxydammoniak, Chlorsilber in Ammoniak, Zinkoxyd in Ammoniak, die Metallsalze oder Metalloxyde vollständig hinwegnimmt, während andere, wie Kochsalzlösung z. B., keine Veränderung in ihrem Salzgehalt erfahren; in einer bleichenden Lösung von unterchlorigsaurem Natron verliert sich durch bloßes Schütteln mit Kohle das Bleichvermögen gänzlich, das Jod kann damit aus einer Lösung in Jodkalium vollkommen hinweggenommen werden. Die Wirkung des feinzertheilten Platins, des Silbers auf Wasserstoffhyperoxyd, die der Kohle auf gelöste organische Substanzen, Farbstoffe ꝛc. kennt Jedermann, und in ihrer Wirkung gleicht der letzteren frisch niedergeschlagenes Schwefelblei, Schwefelkupfer, Thonerdehydrat. Eine Menge organischer Substanzen, wie Holzfaser und andere, üben auf gelöste Substanzen, auf Thonerdesalze, Zinnsalze, Farbstoffe eine der Kohle gleiche Wirkung aus; man weiß, daß gerade auf dieser Eigenschaft die An=

wendung der Beizmittel in der Färberei und das Färben selbst beruht. Das Anhaften des festen Farbstoffes an dem Zeuge, welches damit gefärbt ist, ist die Wirkung einer so schwachen chemischen Verwandtschaft, daß man kaum weiß, diese Molekularaction mit diesem Namen zu bezeichnen. Von einem Lappen mit Indigo gefärbten Wollenzeuges löst sich beim bloßen anhaltenden Klopfen mit einem hölzernen Hammer der Indigo vollkommen ab, so daß die weiße Wolle bleibt.

Die Oberfläche des festen Körpers übt, wie diese Thatsachen beweisen, auf die Moleküle, die sich damit in Berührung befinden, eine sehr ungleiche Anziehung aus.

Die Untersuchungen über die Capillarität haben ergeben, daß bei einer und derselben Flüssigkeit, beim Wasser z. B., die Substanz des festen Körpers keinen Einfluß auf die Höhe hat, bis zu welcher die Flüssigkeit sich an demselben erhebt; an Scheiben von Buchsbaum, Thonschiefer, Glas ist die Erhebung der Oberfläche des Wassers mit der an einer Messingscheibe vollkommen übereinstimmend (Hagen), und bei anderen Flüssigkeiten, deren Moleküle vollkommen gleichartig sind, dürfte dasselbe Gesetz in der Theorie angenommen werden; aber bei solchen Flüssigkeiten, welche fremde Substanzen in Lösung enthalten, muß gerade durch die Gegenwart dieser Körper eine Aenderung in der Capillaranziehung eintreten, weil durch sie die Cohäsion der Flüssigkeit geändert wird, und mehr noch vielleicht, weil die Flüssigkeit aufhört gleichartig zu sein, wenn die anziehende Wand zu den Theilchen des gelösten Körpers eine andere Anziehung hat, als zu den Theilchen der Flüssigkeit, in denen er gelöst ist.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, daß die Mischung

zweier Flüssigkeiten die Wirkung einer chemischen Anziehung ist; wie wäre es sonst möglich, daß chemische Verbindungen, wie die Lösung eines Salzes in Wasser, durch eine einfache Mischung zersetzt, und eine chemische Anziehung dadurch aufgehoben werden könnte?

Zwei Flüssigkeiten von ungleicher chemischer Beschaffenheit, welche mit einander mischbar sind, und die also eine chemische Anziehung zu einander haben, mischen sich an allen Punkten, wo sie sich berühren; durch Bewegung, Umschütteln wird die Anzahl der Berührungspunkte in einer gegebenen Zeit vergrößert und die Herstellung einer gleichförmigen Mischung beschleunigt.

Sind diese Flüssigkeiten von gleichem oder besser von ungleichem specifischen Gewichte, so lassen sich beide mit einiger Vorsicht über einander schichten; dies ist der Zeit nach der für die Mischung ungünstigste Fall, indem verhältnißmäßig nur kleine Oberflächen mit einander in Berührung kommen; aber an allen Stellen, wo dies geschieht, läßt sich in kurzer Zeit zwischen beiden keine Grenze mehr unterscheiden.

In einem cylindrischen Gefäße, welches Salzwasser enthält, sind die Salztheilchen an der Oberfläche desselben angezogen und getragen durch Wassertheilchen, die sich an den Seiten und von der Oberfläche abwärts befinden. Von der Oberfläche aufwärts fehlen die anziehenden Wassertheilchen.

Es ist nun klar, daß, wenn die Oberfläche mit reinem Wasser in Berührung gebracht wird, zu den vorhandenen Anziehungen eine neue kommt, die in entgegengesetzter Richtung wirkt, die Anziehung der aufschwimmenden Wassertheilchen zu den Salztheilchen des Salzwassers und umgekehrt (die der Salztheilchen zu den sie berührenden Wassertheilchen).

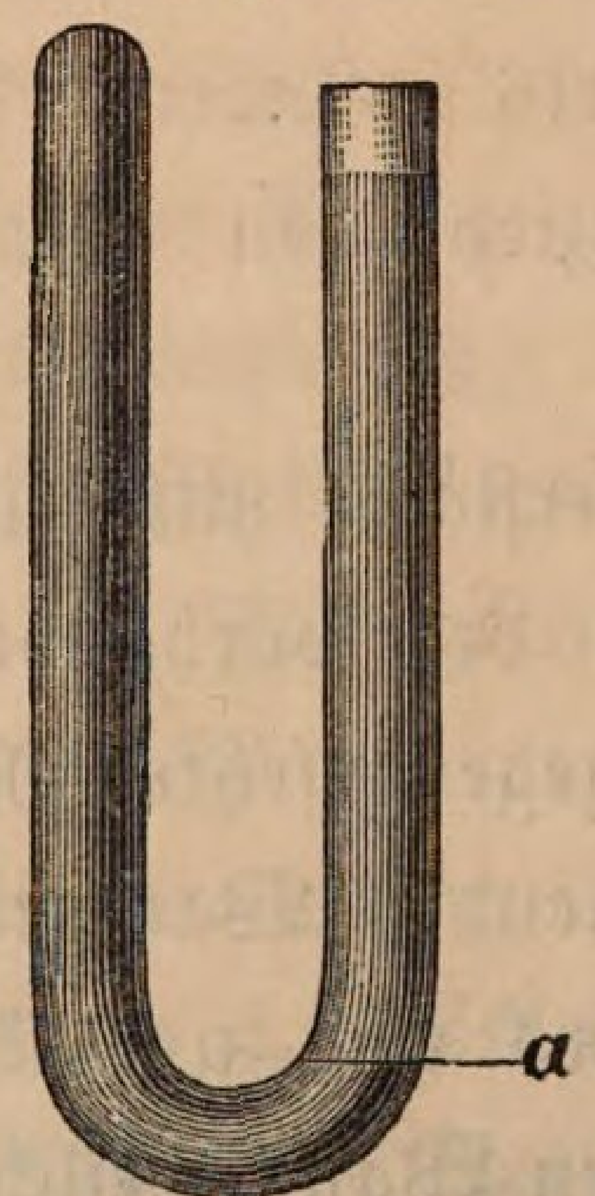
Da nun die Kraft, womit die Salz- und Wassertheilchen sich anziehen, nach allen Seiten hin vollkommen gleich ist, da also die Salztheilchen die Wassertheilchen des Salzwassers nicht stärker anziehen, als sie von den Wassertheilchen des reinen Wassers angezogen werden, welche mit den Salztheilchen (des Salzwassers) in Berührung kommen, so folgt daraus von selbst eine Ausgleichung der vorhandenen Anziehungen; es entsteht eine Theilung der Salztheilchen in die sie berührenden Wassertheilchen und umgekehrt, der Wassertheilchen in die sie berührenden Salztheilchen.

An der Stelle, wo sich reines Wasser und Salzwasser berühren, entsteht in dieser Weise eine gleichförmige Mischung von Salzwasser und reinem Wasser, welche nach oben hin mit reinem Wasser, nach abwärts mit Salzwasser sich in Berührung befindet.

Zwischen diesen drei Schichten, wovon die obere kein Salz, die untere weniger Wasser enthält, tritt eine neue Theilung ein, die salzhaltigere giebt Salz ab, das salzfreie Wasser empfängt Salz, und so vertheilen sich allmälig Salz und Wasser gleichförmig durch die ganze Flüssigkeit.

Füllt man den einen Schenkel der Röhre (Fig. 6) bis *a* mit blaugefärbtem Salzwasser und den anderen mit reinem Wasser an, so ist nach einer Anzahl von Tagen das farblose Wasser blaugefärbt und der Salzgehalt in beiden Schenkeln gleich. Es ist Seite 14 erwähnt worden, daß in einer Röhre, welche mit einer Blase verschlossen, mit verdünntem Salzwasser angefüllt und der Luftverdunstung ausgesetzt wird, das Salz außerhalb

Fig. 6.



der Blase sich nicht eher in Krystallen absetzt, als bis die ganze Flüssigkeit in der Röhre das Maximum der Sättigung erreicht hat. An der Außenseite der Blase verdunstet das Wasser, aber es setzt sich kein Salz ab, so lange nach innen hin sich Flüssigkeit befindet, welche noch Salz auflösen kann, und es verbreiten sich in dieser Weise die schwereren Salztheilchen nach innen aufwärts durch die ganze Flüssigkeit, oder wenn man will, die Wassertheilchen, welche noch Salz aufzulösen vermögen, abwärts bis zur äußeren Oberfläche der Blase hin.

Die Verbreitung des Salzes im Wasser geschieht in ähnlicher Weise wie der Uebergang des Schmiedeeisens in Stahl und Roheisen. Stangen von weichem Eisen werden bekanntlich zwischen Kohlenschichten glühend erhalten, wodurch die Oberfläche des Eisens, welche die Kohle berührt, Kohlenstoff aufnimmt und in Kohleneisen übergeht; die unter dieser Oberfläche liegende Schicht von reinem Eisen, deren Verwandtschaft zum Kohlenstoff ganz dieselbe ist, empfängt Kohlenstoff von der über ihr befindlichen, und giebt Kohlenstoff an die nächste Schicht abwärts ab. Dieser Proceß, lange genug fortgesetzt, hat nur dann eine Grenze, wenn alle einzelnen Schichten einerlei Mengen Kohlenstoff enthalten, d. h. damit gesättigt sind. Ein Stück glühendes Schmiedeeisen wird, mit Roheisen (Kohleneisen) einige Augenblicke in Berührung, an den Berührungsstellen augenblicklich in Stahl verwandelt. Die Mischung von Flüssigkeiten beruht auf derselben Ursache, und wir können uns denken, daß die Verbreitung derselben gegenseitig ist, eben weil ihre Theilchen nach allen Richtungen hin beweglich sind, daß sich also sowohl Salztheilchen den Wassertheilchen, als Wassertheilchen den Salzwassertheilchen in Folge ihrer Anziehung zu bewegen.

Aus einer Auflösung von Kupfervitriol in wässerigem Ammoniak, auf welche man in einem hohen Glascylinder eine Schicht Alkohol gießt, scheidet sich allmälig, wenn die Bildung einer zusammenhängenden Kruste, welche die Berührung beider Flüssigkeiten hindert, vermieden wird, alles schwefelsaure Kupferoxydammoniak ab, die lasurblaue Auflösung wird farblos, indem sich durch die Verbreitung des Alkohols in derselben eine Mischung bildet, in welcher das Salz nicht löslich ist.

Die Schnelligkeit der Mischung zweier Flüssigkeiten hängt ab von dem Grade ihrer chemischen Anziehung, und es hat hierauf die ungleiche Beweglichkeit der Theilchen der einen oder anderen Flüssigkeit einen fördernden oder hindernden Einfluß.

Wenn die eine Flüssigkeit schwerer als die andere, und von zäher, schleimiger Beschaffenheit ist, so dauert es weit länger, bis die Bestandtheile der schwereren oder zäheren Flüssigkeit von dem Boden aus nach der Oberfläche hin gelangen, und es ist in diesem Falle das specifische Gewicht oder die geringere Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen ein Hinderniß der Mischung.

Wird die schwerere oder zähere Flüssigkeit hingegen oberhalb der leichteren gebracht, so mischen sich beide mit Schnelligkeit; an den Stellen, wo sich beide berühren, entsteht eine Mischung, welche, da sie schwerer ist, sich dem Boden zu bewegt, wodurch die schwerere Flüssigkeit oberhalb mit immer neuen Flüssigkeitsoberflächen in Berührung kommt.

Ganz dieselbe Erscheinung kennen wir in der Auflösung. Ein Stück Zucker in einem engen Glase mit Wasser übergossen, löst sich sehr langsam darin auf, während dasselbe Stück, an die Oberfläche gebracht, mit der größten Schnellig-

keit verschwindet. In dem ersten Falle bildet sich um die Zuckertheilchen eine syrupdicke, schwerflüssige Lösung, welche die noch nicht gelösten lange Zeit vor der Berührung des Wassers schützt, im andern bildet sich an der Oberfläche eine Lösung, die in Streifen sich dem Boden zu bewegt, und allmälig verschwindet, während durch den Platzwechsel dieser Lösung in dem Zuckerstück immer neue Wassertheilchen mit den Zuckertheilchen in Berührung kommen, welche ihr Lösungsvermögen äußern können.

Wenn die Häute und Membranen aus einem zusamenhängenden Systeme von hohlen, sehr engen Röhren bestehen, so ist einleuchtend, daß, wenn zwei ungleichartige, mit einander mischbare Flüssigkeiten durch ein solches Gewebe von einander getrennt sind, sich die Poren derselben mit jeder der beiden Flüssigkeiten anfüllen werden. An allen Punkten, wo beide Flüssigkeiten in der Haut mit einander in Berührung kommen, findet eine Mischung Statt, die sich nach beiden Seiten hin gleichförmig fortsetzt.

Befindet sich auf der einen Seite der Blase Salzwasser und auf der anderen reines Wasser, so wird in der Mitte oder an irgend einer Stelle in der Blase ein verdünntes Salzwasser entstehen, welches auf der einen Seite, an der sich das reine Wasser befindet, Salz an dieses Wasser abgiebt, während das concentrirte Salzwasser auf der anderen sich mit dem verdünnteren Salzwasser in der Blase mischt.

An dieser Mischung hat die Substanz der Blase keinen Antheil; eben weil durch sie selbst kein Wechsel in der Lage des Ortes, an dem sich die Salz- und Wassertheilchen befinden, bedingt wird, denn dies ist die Wirkung der chemischen Verwandtschaft, welche zwischen den Salz- und Wassertheilchen thätig ist.

Da nun die Schnelligkeit der Mischung zweier Flüssigkeiten in geradem Verhältniß zu ihren Oberflächen steht, die in einer gegebenen Zeit mit einander in Berührung kommen, und die durch eine Blase getrennten Flüssigkeiten nur durch die Poren derselben mit einander sich berühren können, und die Anzahl der Berührungspunkte durch die nicht porösen Theile der Blase verkleinert ist, so folgt hieraus, daß, von allen anderen Wirkungen abgesehen, die Zeit der Mischung zweier Flüssigkeiten durch eine Blase verlangsamt werden muß. Ohne die Blase würde, abgesehen von der Zeit, die Mischung in ganz gleicher Weise vor sich gehen.

Wenn das schwerere Salzwasser sich unterhalb, das leichtere Wasser sich oberhalb der Blase befindet, so mischen sich die beiden Flüssigkeiten langsamer, als ohne die Blase.

Da nun aber eine Blase, insofern durch ihre Poren der hydrostatische Druck nicht fortgepflanzt wird, es gestattet, eine schwerere Flüssigkeit oberhalb einer leichtern zu bringen und an diesem Orte zu erhalten, so wirkt dieser Umstand als ein Beförderungsmittel der Mischung, dessen letzter Grund nicht die Blase, sondern das ungleiche specifische Gewicht der Flüssigkeit ist. Die Blase ist ein Mittel, um die Wirkung des specifischen Gewichtes auf die Mischung eintreten zu machen. Mit dem Vorhergehenden scheint mir der Antheil, den die Blase an der Mischung zweier, durch dieselbe getrennter ungleichartiger Flüssigkeiten nimmt, hinlänglich erledigt zu sein.

Was die Volumänderung der beiden Flüssigkeiten betrifft, die sich durch die Blase mischen, so muß in Betracht gezogen werden, daß die Benetzung, das Aufsaugungsvermögen eines festen, oder das Befeuchtungsvermögen eines flüssigen Körpers die Wirkung einer chemischen Anziehung ist.

Flüssigkeiten von verschiedener Natur oder von einer ungleichen chemischen Beschaffenheit werden von festen Körpern ungleich stark angezogen, und üben einen ungleichen Grad von Anziehung gegen diese aus, und wenn wir selbst in einem Systeme von Capillarröhren, die bis zu einer gewissen Höhe mit einer Flüssigkeit angefüllt sind, die chemische Natur der Flüssigkeiten ändern, so ändern wir damit den Stand der Flüssigkeit. In einer mit Wasser gesättigten Thiersubstanz ist das Wasser am Ausfließen gehindert durch die gegenseitige Anziehung und durch die Capillarität; wenn aber die Anziehung der organischen Gefäßwände zum Wasser durch die Mischung dieses Wassers mit Alkohol oder durch Aufnahme von Salz vermindert wird, so fließt ein Theil des Wassers aus. Hierzu kommt, daß das Wasser, welches von einer Thiersubstanz aufgesaugt wird, bei seinem Eintreten in die Capillarröhrchen, in Folge seiner Anziehung zu denselben, einen gewissen Druck ausübt, durch welchen die Gefäße angeschwellt und erweitert werden; diese Flüssigkeitstheilchen unterliegen einem Gegendrucke von Seiten der elastischen Gefäßwand, durch welchen, wenn die Anziehung der Flüssigkeitstheilchen durch eine neu hinzukommende Ursache vermindert wird, die Menge der ausfließenden Mischung sich vergrößert.

Die anziehenden organischen Gefäßwände verhalten sich zu dem Wasser, wie ein Salz, welches in einer wässerigen Flüssigkeit gelöst ist; durch Zusatz von Alkohol oder einer anderen Flüssigkeit trennt sich das Wasser mehr oder weniger vollkommen von der Gefäßwand, oder die Gefäßwand vom Wasser.

Besäße die Thiersubstanz zu der neu entstehenden Mischung ebenso viel Anziehung wie zu dem Wasser allein, so

würde sich das Volum der Flüssigkeiten nicht ändern; die Mischung würde erfolgen, aber es würde scheinbar kein Wasser ausfließen.

Eine mit Wasser gesättigte Blase, die wir mit Alkohol in Berührung bringen, schrumpft zusammen, es trennt sich ein Theil des Wassers von der Thiersubstanz, stets aber bleibt eine gewisse, seiner Anziehung zur Blase und zum Alkohol entsprechende Menge Wasser in der Blase zurück, ganz so wie die Lösungen vieler Salze, welche eine starke Anziehung zum Wasser haben (metaphosphorsaures und saures phosphorsaures Natron) und im Alkohol unlöslich sind, durch Zusatz von Alkohol in zwei flüssige Schichten getrennt werden, wovon die eine schwerere eine concentrirtere (schwach alkoholhaltige) Lösung des Salzes im Wasser, die andere leichtere eine alkoholreiche wässerige Flüssigkeit ist. Der Alkohol und das Salz theilen sich in das Wasser der Auflösung.

Wenn wir einer Mischung von gleichen Theilen Wasser und Aceton eine gewisse Menge trockener Stücke von Chlorcalcium zusetzen, so zerfließen die ersten zugesetzten Mengen desselben, sie lösen sich in der Mischung vollkommen auf. Wenn aber der Zusatz des Chlorcalciums vermehrt wird, so tritt bald eine Trennung ein, es entstehen zwei Schichten, von denen die obere wasserhaltiges Aceton, die untere eine acetonhaltige wässerige Lösung von Chlorcalcium ist. Setzt man noch größere Mengen von Chlorcalcium zu, so wird dem aufschwimmenden Aceton Wasser entzogen, und bei einer angemessenen Menge Chlorcalcium behält das Aceton kein Wasser mehr zurück.

Wenn wir uns denken, daß von den im Anfang entstehenden zwei Schichten (von denen die eine wasserhaltiges Ace-

ton, die andere eine wässerige Lösung von Chlorcalcium ist) die eine, und zwar die Chlorcalciumschicht, mit stets sich erneuernder trockener Luft in Berührung sei, so wird das Wasser dieser Chlorcalciumlösung verdunsten, sie wird durch den Wasserverlust concentrirter werden und in Folge dieser größeren Concentration eine neue Menge Wasser aus dem wasserhaltigen Aceton aufzunehmen vermögen, und dies würde so lange dauern, bis das Aceton kein Wasser mehr enthält.

Wenn wir uns an die Stelle des Chlorcalciums eine thierische Blase und an die der Mischung von Aceton und Wasser wasserhaltigen Alkohol denken, so haben wir hierin das schönste Beispiel der ungleichen Anziehung, welche die Thiersubstanz auf die beiden gemengten Flüssigkeiten ausübt.

Es ist bekannt aus Sömmering's Versuchen, daß Weingeist von einer gewissen Stärke in eine Blase eingeschlossen und der Luftverdunstung ausgesetzt, bloß Wasser verliert, und daß zuletzt wasserfreier oder nahe wasserfreier Alkohol in der Blase zurückbleibt. Bei Anwendung von starkem Weingeist bleibt die Blase an ihrer Außenseite trocken, bei sehr wässerigen fühlt sie sich feucht an und es verdunstet mit dem Wasser auch Alkohol; durch die ungleiche chemische Anziehung der Blase zum Wasser und zum Alkohol tritt hier offenbar eine vollkommene Scheidung ein. Das Wasser der Mischung wird aufgesaugt, es verdunstet an der äußeren Fläche der Blase, der Alkohol bleibt in der Blase zurück. Bis jetzt kennt man keinen Körper, der die Blase in dieser Wirkung zu ersetzen vermöchte, in der That muß auch die Verwandtschaft der leimgebenden Gebilde zum Wasser die aller anderen Thiersubstanzen übertreffen, da ein Unterschied von wenigen Temperaturgraden schon hinreicht, um eine völlige Auflösung derselben zu Leim zu bewirken.

Alle diejenigen Naturforscher, welche den Erscheinungen der sog. Endosmose ihre Aufmerksamkeit zugewendet und eine Erklärung derselben versucht haben, stimmen darin mit einander überein, daß eine Bedingung der Volumänderung zweier Flüssigkeiten, welche, durch eine Blase getrennt, sich mit einander mischen, in der Blase gesucht werden muß.

Magnus nimmt an: »daß die Theile einer jeden Auf»lösung, z. B. eines Salzes in Wasser, mit mehr Kraft an »einander hängen, als die der auflösenden Flüssigkeit, z. B. »die des Wassers; es würde daher die Auflösung schwerer »flüssig sein und schwieriger durch sehr enge Oeffnungen hin»durchdringen, als Wasser, vorausgesetzt, daß die Wände »der Oeffnungen sich gegen beide ganz gleich verhalten, und »hieraus würde folgen, daß je concentrirter eine Auflösung »ist, desto schwieriger würde sie durch dieselben Oeffnungen »hindurchdringen.«

»Versuchen wir nun,« fährt Magnus fort, »mit Hülfe »dieser Annahmen [welche für viele Salzlösungen, wie aus »den Versuchen Fig. 1. S. 6 erhellt, vollkommen richtig und »beweisbar sind, obwohl sich nach den Versuchen von Poi»seulle eine Menge Ausnahmen finden *)] die Erscheinun»gen der Endosmose zu erklären.

»In die Poren der Blase wird sowohl die Salzlösung »als auch das Wasser eindringen, und es wird sowohl die »Salzlösung aus den Poren zum Wasser treten, wegen der »Anziehung beider für einander, als auch das Wasser zur »Salzlösung, und zwar so lange, bis eine völlige Ausgleichung »eingetreten ist. Da ferner die Kraft, welche das Wasser zur »Salzlösung zieht, ganz dieselbe ist wie die, welche die Salz-

*) Annal. de chim. et de phys. 3. sér. tom. XXI. p. 84 u. f.

»auflösung zum Wasser zieht, so würde ebenso viel Wasser »als Salzauflösung durch die Blase gehen, wenn beide Flüs- »sigkeiten gleich leicht durch die Poren dringen könnten. Da »dies aber nicht der Fall ist, so ist auch verschiedene Kraft »nöthig, um beide Flüssigkeiten durch die Poren zu bringen, »oder es werden bei gleicher Kraft ungleiche Mengen von »beiden in derselben Zeit hindurchgehen; es wird daher von »der, welche leichter hindurchgehen kann, nämlich vom Was- »ser, mehr zur Salzlösung treten als von dieser zum Wasser; »und folglich werden sich die Niveau's beider Flüssigkeiten »verändern, wenn keine andere Kraft diese Veränderung hin- »dert« *).

Nach der obigen Ansicht befinden sich Salzwasser und Wassertheile in den Poren der Blase in einem Zustande der Bewegung, und es wird als die bewegende Kraft die chemische Anziehung bezeichnet, welche die Theile der Salzlösung zu den Wassertheilen des reinen Wassers und umgekehrt die Salztheile zu den Wassertheilen besitzen. Die ungleiche Geschwindigkeit, welche macht, daß in einer gegebenen Zeit mehr Wasser zu der Salzlösung überströmt, als Salzwasser (oder Salztheile) zu dem reinen Wasser, wird, nach Magnus, durch den ungleichen Widerstand bedingt, den die Substanz der Blase dem Durchgange oder Durchfließen der Salzlösung entgegensetzt.

So eng nun auch die Röhre sein mag, in welcher durch eine äußere Kraft Moleküle in Bewegung gesetzt werden, so kann immer vorausgesetzt werden, daß der Theil derselben, welcher die Röhrenwand unmittelbar berührt, entweder nicht in Bewegung sich befindet, oder daß er nur eine geringe Ge-

*) Pogg. Ann. X. p. 164.

schwindigkeit besitzt, und es muß die Ausflußgeschwindigkeit eine Function der Cohäsion, jedenfalls unabhängig von der Röhrenwand sein.

Wenn nun das Ausfließen des Wassers auf der einen Seite der Blase durch die Anziehung der Salztheilchen zum Wasser, das Ausfließen des Salzwassers auf der andern Seite durch die Anziehung der Wassertheilchen zu den Salztheilchen hervorgebracht wird, so bleibt es unerklärlich, wie sich Salzwasser und Wasser in einer und derselben Röhre mit ungleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung bewegen können, zwei Flüssigkeiten, von denen vorausgesetzt wird, daß sie eine Anziehung zu einander haben, d. h. mischbar mit einander sind. Diese Anziehung muß in der Röhre in gleicher Weise sich geltend machen, wie außerhalb, und man sollte demnach denken, daß, wenn beide Flüssigkeiten sich gemischt haben, die Mischung nur nach einer Seite hin mit einer mittleren Geschwindigkeit sich bewegen könnte.

Angenommen, es entstehe in den offenen Mündungen der Poren oder Röhren der Blase oder in irgend einem Theile derselben eine Mischung, so ist schwer einzusehen, warum nicht von der einen Seite Salztheile zu dem Wasser, oder Wassertheile zu den Salztheilchen in der Blase treten, da ja die beiderseitige Anziehung als gleich betrachtet werden muß. Die chemische Verwandtschaft erklärt das Ausfließen nicht.

Setzt man voraus, daß in gewissen Poren nur Salzwasser, in anderen nur reines Wasser sich bewege, so dürfte die Erscheinung nicht eintreten, wenn alle Poren mit Wasser oder Salzwasser gefüllt waren, oder wenn die Röhre mit einer doppelten, drei- oder vierfachen Blase überbunden wurde; aber die Eigenschaften der Blase zeigen sich an den feinsten

sowie an den dicksten Membranen, und eine drei- oder vierfache Lage macht im letzten Resultate keinen Unterschied*).

Welchen Einfluß die Natur der Scheidewand oder ihre Anziehung zu den sie berührenden Flüssigkeiten auf diese Erscheinung hat, ergiebt sich durch die Vergleichung der Wirkung einer thierischen Membran und einer dünnen Kautschukhaut.

In einer Röhre, welche mit Blase verschlossen und mit Alkohol gefüllt mit reinem Wasser in Berührung gebracht

---

*) Was die Ansicht betrifft, daß bei der Mischung einer Salzlösung mit reinem Wasser, wenn die beiden Flüssigkeiten durch eine Membran von einander getrennt sind, sich nur Salztheile dem reinen Wasser und nur Wassertheile der Salzlösung durch die Poren der Blase zu einander bewegen, so dürften die folgenden Versuche hierüber einigen Aufschluß geben. Der größeren Genauigkeit halber sind hierbei alle Ermittelungen durch die Waage gemacht worden. Man bediente sich hierzu des Apparates Fig. 3. Die Röhre enthielt 8,67 Grm. gesättigte Kochsalzlösung, worin 2,284 Grm. Salz und 6,38 Grm. Wasser. Nach 24 Stunden hatte dieselbe um 1,79 Grm. an Gewicht zugenommen, der Salzgehalt derselben betrug jetzt 0,941 Grm. Salz; es waren mithin 1,343 Grm. Salz ausgetreten und 3,13 Grm. Wasser eingetreten. Hiernach würden sich 1 At. Salz und 15 At. Wasser neben einander vorbeibewegt haben, was nicht möglich ist, da 1 At. Kochsalz zu seiner Auflösung 18 At. Wasser nöthig hat (10 Thle. Salz 27 Thle. Wasser). Das Gewicht des reinen Wassers in dem Gefäße betrug 19,26 Grm., das Gewicht des Salzwassers zu dem des reinen Wassers verhielt sich mithin wie 1 : 2,22. In einem andern Versuche, in welchem das Gewicht des Salzwassers in der Röhre sich zu dem des reinen Wassers in dem Gefäße wie 1 : 7,98 verhielt, hatte die Röhre mit Salzwasser um 0,822 Grm. an Gewicht zugenommen; die Flüssigkeit in dieser Röhre enthielt vor dem Versuch 0,947 Grm., nach 24 Stunden 0,148 Grm. Salz, es waren mithin eingetreten 1,621 Grm. Wasser, ausgetreten 0,799 Grm. Salz; auf 1 At. Salz, welches aus der Röhre mit Salzwasser in das Gefäß mit reinem Wasser überging, traten aus diesem zum Salzwasser etwas über 13 At. Wasser (auf 58,6 Gewichtstheile Salz = 1 At., 118 Wasser).

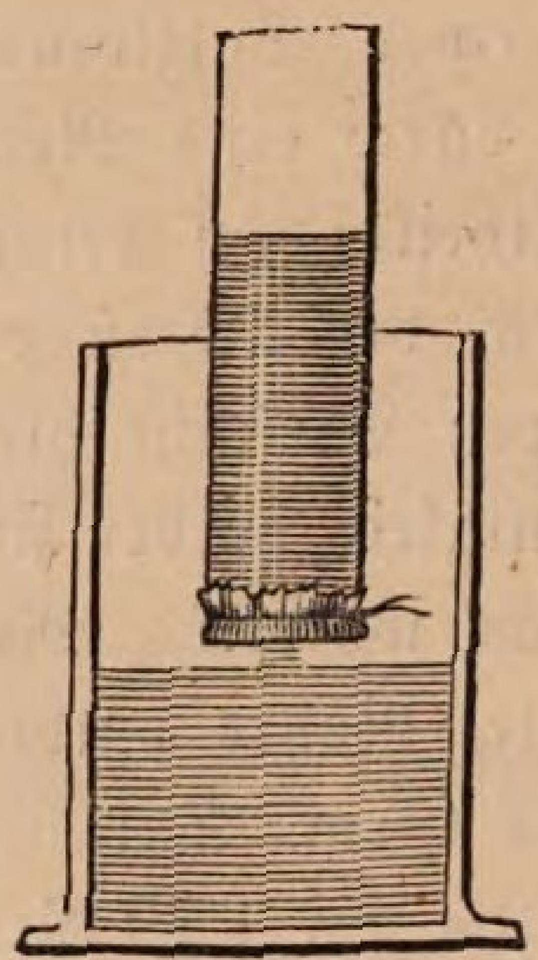
wird, vergrößert sich das Volum des Alkohols, es tritt mehr Wasser zum Alkohol als Alkohol zum Wasser.

Verschließt man dieselbe Röhre mit einer dünnen Kautschukhaut, ohne in der Einrichtung des Apparates irgend etwas zu ändern, so nimmt jetzt das Volum des Alkohols ab und das des Wassers vergrößert sich.

Alle Verhältnisse der Mischung beider Flüssigkeiten sind dieselben geblieben, nur die trennende Wand macht den Unterschied.

Wenn man eine mit Blase verschlossene Röhre, Fig. 7, mit Salzwasser füllt und in ein Gefäß mit Wasser stellt, so zwar, daß die Blase und das Wasser nur durch einen Tropfen mit einander in Verbindung stehen, so vergrößert sich das Volumen des Salzwassers, es steigt in der Röhre in die Höhe, wie wenn die Blase in das Wasser eingetaucht wäre, aber der Tropfen wird immer kleiner, bis nach einer oder zwei Stunden eine völlige Trennung erfolgt, der Tropfen reißt sich von dem Wasser los*).

Fig. 7.



Wäre die Ursache der Volumänderung in diesem Versuche der ungleiche Widerstand, den die Blase dem Durchgange der beiden Flüssigkeiten, bei gleicher Anziehung (gleicher Kraft) von beiden Seiten, entgegensetzt, so bliebe die beschriebene Erscheinung unerklärlich, denn ein Widerstand ist

*) Gießt man in eine 1/4 Zoll weite mit Blase verschlossene Röhre so viel Quecksilber, daß die ganze innere Oberfläche der Blase vollkommen damit bedeckt ist, füllt sie sodann mit Salzwasser und stellt sie in reines Wasser, so vergrößert sich das Volumen des Salzwassers genau so, wie wenn das Quecksilber nicht vorhanden wäre.

wohl vermögend, eine Bewegung zu hemmen, aber er bringt keine Bewegung hervor. Wir sehen aber, daß das Wasser in diesem Versuche in die Höhe gehoben wird, und das Zerreißen des Tropfens kann nur die Folge einer mächtigen Anziehung sein, die ihren Sitz in der Substanz der Blase hat.

Wenn die Benetzung fester Körper durch Flüssigkeiten die Wirkung einer chemischen Anziehung ist, deren Größe bei ungleichartigen Flüssigkeiten verschieden ist, so folgt hieraus von selbst, daß, wenn ein poröser Körper mit einer Flüssigkeit gesättigt ist und mit einer zweiten Flüssigkeit in Berührung gebracht wird, welche zu der Substanz desselben eine größere Anziehung besitzt, die erste Flüssigkeit von der andern, auch bei Abwesenheit alles hydrostatischen Druckes, aus den Poren verdrängt werden muß, ganz gleichgültig, ob sich die beiden Flüssigkeiten mischen oder nicht.

Man kann sich denken, daß die Anziehung der zweiten Flüssigkeit von größerer Verwandtschaft, welche die andere verdrängt, dem Drucke der Quecksilbersäule gleich ist, den man nöthig hat, um die letztere durch den porösen Körper durchfließen zu machen.

Ueberbindet man eine cylindrische Röhre an dem einen Ende mit einer sehr dünnen Membran, die durch 24stündiges Eintauchen mit concentrirter Kochsalzlösung gesättigt ist, trocknet die äußere Fläche mit Fließpapier sorgfältig ab, und gießt jetzt einige Tropfen reines Wasser in die Röhre, so daß die Blase innerhalb davon bedeckt wird, so sieht man nach einigen Augenblicken die äußere Fläche mit feinen Tröpfchen Salzwasser sich bedecken; es fließt aus den Poren der Blase Salzwasser aus.

Eine dicke mit Oel getränkte Ochsenblase verhält sich gegen Wasser auf ganz gleiche Weise. Das Oel wird aus

den Poren der Blase verdrängt durch das reine Wasser, das letztere nimmt seinen Platz ein.

Wenn die Blase mit reinem Wasser in Berührung gebracht wird, so nimmt sie eine gewisse Quantität davon auf; sind ihre Poren mit Salzwasser angefüllt, und bedeckt man die eine Seite derselben mit reinem Wasser, so mischt sich dieses mit dem Salzwasser in den offenen Poren der Blase; an der dem Wasser zugekehrten Seite der Blase entsteht ein wasserhaltiges Salzwasser, welches in Berührung mit der nächsten Schicht reinen Wassers sich mit diesem mischt, und in dieser Weise empfangen die folgenden Wasserschichten von der Blase aus eine gewisse Menge Salz.

In dem Inneren der Blase entstehen in gleicher Weise nach der Seite hin, welche der Luft zugekehrt ist, Mischungen, welche ungleich in ihrem Salzgehalte sind; wenn wir uns die Blase aus mehreren Schichten zusammengesetzt denken, so empfangen alle Schichten von der dem Wasser zugekehrten Blasenoberfläche aus eine gewisse Menge Wasser, die äußerste der Luft zugekehrte Fläche empfängt am wenigsten, sie ist die salzreichste.

Die Ursache der Mischung ist die chemische Verwandtschaft der Salz- zu den hinzutretenden Wassertheilchen, diese Kraft der Anziehung ist auf beiden Seiten gleich, aber die Anziehung der Substanz der Blase zu der wasserreicheren oder salzärmeren Flüssigkeit ist größer. In Folge dieses Unterschiedes der Anziehung der Flüssigkeiten zu der Substanz der Blase wird ein Theil der Mischung aus den Poren der Blase verdrängt, die salzärmere nimmt den Ort der salzreicheren ein, von der letztern tritt ein Theil aus und mit demselben eine gewisse Menge von demjenigen Wasser, welches sich der äußersten Schicht durch Mischung hinzugefügt hat;

es fließt Salzwasser und Wasser nach der Seite hin aus, wo sich ihrem Austreten der kleinste Widerstand entgegensetzt. Das Ausfließen nach der Seite hin, wo das reine Wasser aufgegossen wurde, wird durch die stärkere Anziehung gehindert, welche die salzärmere Flüssigkeit zu der Substanz der Blase besitzt.

Wenn auf der einen Seite der Blase das ausgetretene Salzwasser (welches Wasser aufgenommen hatte) hinweggenommen und an dessen Platz concentrirteres Salzwasser gebracht, und ebenso auf der andern Seite der Blase das verdünnte hinweggenommen und durch noch verdünnteres ersetzt wird, so wiederholt sich derselbe Vorgang. Es entsteht eine bleibende Differenz, und es stellt sich so lange ein dauernder Zustand der Mischung und des Ueberfließens ein, bis die Flüssigkeiten auf beiden Seiten eine gleiche oder nahe gleiche Zusammensetzung haben.

Denkt man sich, daß die beiden Flüssigkeiten die Scheidewand ungleich benetzen, so folgt hieraus von selbst, daß zu der chemischen Anziehung, welche die ungleichartigen Theile der Flüssigkeiten zu einander haben, in der stärkeren Anziehung der einen zu der Scheidewand eine Ursache hinzukommt, die ihre Bewegungs- oder ihre Durchgangsfähigkeit beschleunigt, was zur Wirkung haben muß, daß die eine in derselben Zeit in größerer Menge überströmt, als die andere.

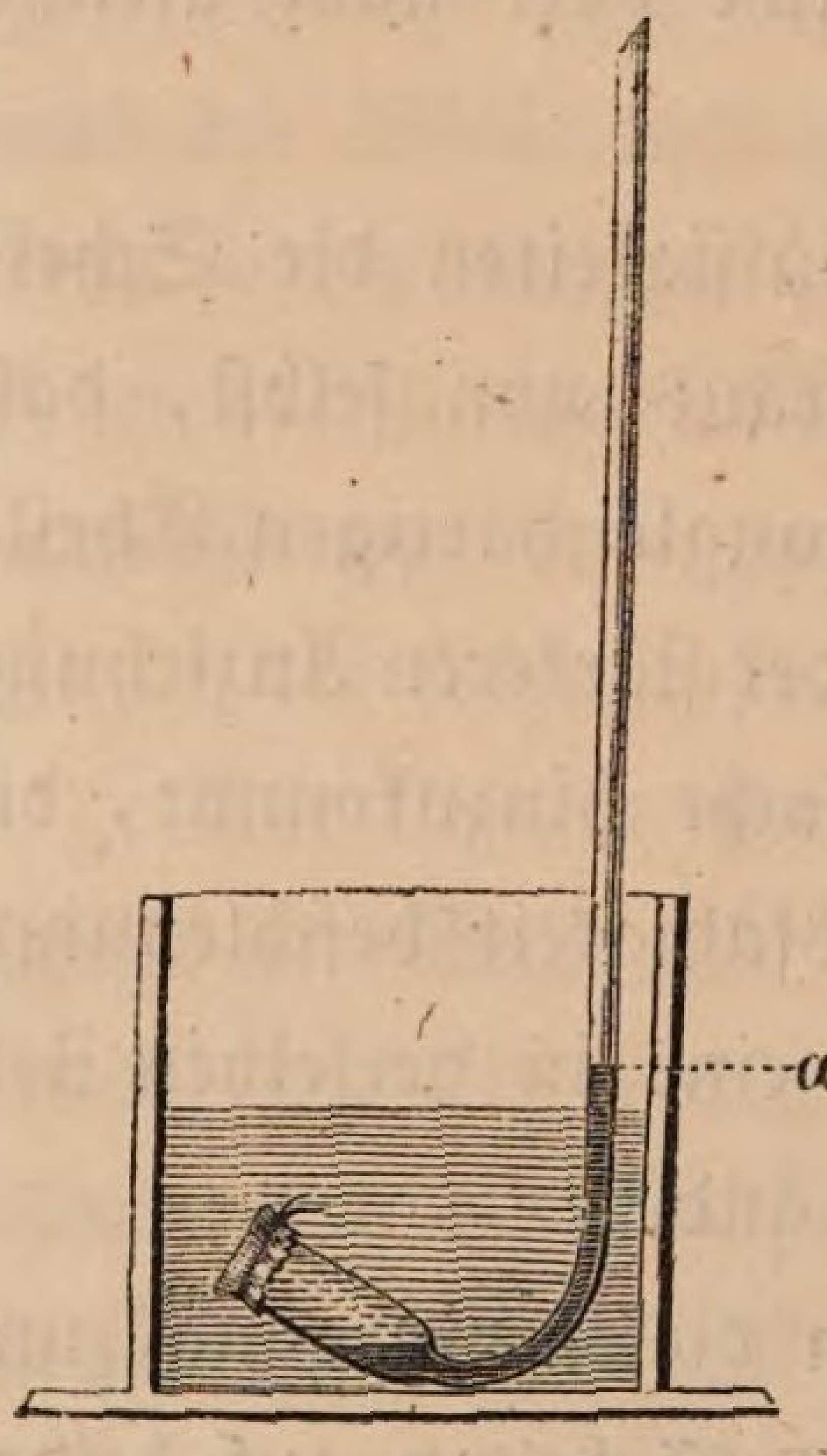
Die Versuche (Fig. 3.) versinnlichen diesen Vorgang, und zeigen überdieß, daß der Wechsel der Flüssigkeiten auf beiden Seiten der Blase durch das ungleiche specifische Gewicht derselben wesentlich bedingt ist. So lange die Differenz in der Zusammensetzung (die hier gemessen werden kann durch das specifische Gewicht) sehr groß ist, findet die Volumänderung (die Zunahme der einen und die Volumabnahme der ande-

ren) mit Schnelligkeit Statt, aber zuletzt, wenn sie sehr klein wird, mischen sich beide Flüssigkeiten, ohne daß eine weitere Volumänderung wahrnehmbar ist, offenbar, weil die Anziehung der Blase zu den Mischungen auf beiden Seiten, obwohl sie in ihrem specifischen Gewicht noch verschieden sind, nicht mehr merklich abweicht.

Im letzten Resultate erscheint die Wirkung, welche verschiedenartige Flüssigkeiten auf die Substanz der thierischen Gewebe ausüben, in Folge welcher die Mischung derselben mit einer Volumänderung begleitet ist, einem mechanischen Drucke gleich, der von der einen Seite her stärker ist, als von der anderen.

Füllt man die Röhre, Fig. 8., welche an ihrer weiten Oeffnung mit einer Blase verschlossen ist, mit Salzwasser bis *a* an und gießt alsdann in die enge Röhre so viel Quecksilber ein, bis durch den Druck desselben, Salzwasser durch die Poren der Blase in feinen Tropfen auszutreten beginnt, nimmt alsdann von der Quecksilbersäule so viel ab, daß das Austreten nicht weiter wahrnehmbar ist, und stellt jetzt diese Vorrichtung in ein Gefäß mit reinem durch Indigotinctur gefärbtem Wasser, so ändert sich der Stand des Quecksilbers nicht; beim vorsichtigen Herausnehmen der Röhre aus der blauen Flüssigkeit, nach etwa einer oder zwei Stunden, sieht man, daß sich in dem oberen Theile der weiten Röhre, welche das farblose Salzwasser enthielt, eine dunkelblaue Schicht gebildet hat,

Fig. 8.



die auf einer farblosen schwimmt. Nach längerer Zeit sieht man die blaue Farbe von oben nach unten sich immer mehr verbreiten, bis zuletzt das Salzwasser eine gleichförmige blaue Farbe angenommen hat.

Wie hieraus leicht ersichtlich ist, mischen sich diese beiden Flüssigkeiten, wie wenn auf das Salzwasser kein Druck gewirkt hätte, denn ein mechanischer Druck übt keinen Einfluß auf die Mischung aus, aber in Folge des Druckes auf die Blase mischen sie sich jetzt ohne Volumänderung. Der mechanische Druck, welchen das Wasser in Folge seiner größeren Verwandtschaft zur Blase auf das Salzwasser in den Poren der Blase ausübt, wird durch die Quecksilbersäule im Gleichgewicht gehalten, oder was ganz dasselbe ist, es tritt ebenso viel Salzwasser aus als Wasser ein.

Denken wir uns die Quecksilbersäule hinweggenommen, so erklärt sich das Steigen des Salzwassers in der engen Röhre ohne weitere Auseinandersetzung. Ueberbindet man ein kurzes mit Salzwasser oder Alkohol gefülltes Röhrenstück an beiden Enden mit Blase (eine Vorrichtung, die eine Zelle repräsentiren soll) und hängt dieselbe in ein Gefäß mit reinem Wasser, so nehmen die beiden Blasenoberflächen eine convexe Form an, sie schwellen an, aber ohne zu bersten. Wenn der durch Aufnahme von Wasser im Inneren steigende Druck die Verwandtschaft des Wassers zur Blase, und damit das weitere Eindringen desselben im Gleichgewichte hält, so erfolgt jetzt der Austausch ohne weitere Volumänderung.

Die eben beschriebenen Erscheinungen zeigen die meisten porösen Körper, wenn deren Poren so fein sind, daß ein schwacher hydrostatischer Druck durch sie nicht fortgepflanzt

wird, sie lassen sich an Thonzellen*) (so wie sie zu den galvanischen Apparaten gebraucht werden), an der inneren Haut von Erbsen- und Bohnenschoten, feinem Bast, der Oberhaut von Weintraubenbeeren, Kartoffelknollen, Aepfeln, der inneren Haut der Samenkapsel des Blasenstrauchs ꝛc. hervorbringen, aber die thierischen Gewebe übertreffen alle anderen an Wirksamkeit. Zu ihrer ungleichen Verwandtschaft gesellt sich nämlich ein ungleiches Absorptionsvermögen für ungleichartige Flüssigkeiten, wodurch ihre Wirkung auf die Volumänderung während der Mischung verstärkt wird.

Wenn eine mit Blase verschlossene und mit Wasser gefüllte Röhre in Alkohol oder Salzwasser eingetaucht erhalten

---

*) Ich halte es für wichtig genug, bei dieser Gelegenheit hervorzuheben, daß auch poröser Thon von Salzwasser und Wasser ungleiche Volumina in seinen Poren aufnimmt. In besonders zu diesem Zweck angestellten Versuchen wurden Thonzellen (aus schwach verglühtem Porzellan) 24 Stunden in reines Wasser gelegt, nach dieser Zeit sorgfältig mit Fließpapier abgetrocknet und durch die Waage die Gewichtszunahme (die Menge des eingesaugten Wassers) bestimmt, die nämliche Thonzelle wurde sodann vollständig ausgetrocknet, dann in gesättigte Kochsalzlösung 24 Stunden gelegt, und in derselben Weise die Menge des aufgenommenen Salzwassers ermittelt. In einer zweiten Reihe von Versuchen wurden die Thonzellen eingetaucht in Salzwasser und reines Wasser, unter die Luftpumpe gebracht, und unter einem Druck von 8 Linien Manometerstand 24 Stunden stehen gelassen.

In Luft unter gewöhnlichem Druck nahmen die Thonzellen auf:

		Gewichte.		Volumina.	
		Wasser.	Salzwasser.	Wasser.	Salzw.
100 Gew.-Thle.	Thonzelle I.	15,4	14,6	15,4	12,2
» »	» II.	11,8	11,6	11,8	9,7

Im luftverdünnten Raume nahmen auf:

		Gewichte.		Volumina.	
		Wasser.	Salzwasser.	Wasser.	Salzw.
100 Gew.-Thle.	Thonzelle I.	16,5	16,8	16,5	14,0
» »	» II.	13,8	13,8	13,8	11,5

wird, so entsteht an allen Punkten, wo das Salzwasser oder der Alkohol die mit Wasser gesättigte Blase berühren, eine Aenderung in der Beschaffenheit der Blase. Wenn sich in den offenen Poren derselben der Alkohol oder das Salzwasser mit dem darin enthaltenen Wasser mischt, so vermindert sich mit dem Hinzutreten von Salz oder Alkohol zu diesem Wasser das Absorptionsvermögen der Blase für dasselbe, von der Mischung wird weniger dem Volum nach zurückgehalten, als vom reinen Wasser, d. h. es fließt Wasser nach der Seite des Salzwassers oder des Alkohols hin aus. Dieses Ausfließen ist von einer Volumänderung in der Substanz der Blase begleitet; die dem Salzwasser oder dem Alkohol zugekehrte Seite derselben zieht sich zusammen (sie schrumpft ein).

Die Oberflächen einer thierischen Haut, welche auf beiden Seiten mit zwei ungleichartigen Flüssigkeiten in Berührung ist, für welche sie ein ungleiches Absorptionsvermögen besitzt, sind in einem ungleichen Zustande des Zusammengezogenseins (Contraction). Dieser Zustand ist bleibend, so lange die Flüssigkeiten ihre Beschaffenheit nicht ändern, er hört aber auf und stellt sich wieder her, wenn durch den Wechsel des Platzes der beiden die Blasenflächen berührenden Flüssigkeiten, die ursprüngliche oder überhaupt eine dauernde Ungleichheit in ihrer Beschaffenheit herbeigeführt wird.

In allen denjenigen Fällen, wo eine dauernde Aenderung des Volums zweier Flüssigkeiten, die durch eine Membran von einander getrennt sind, während ihrer Mischung wahrgenommen wird, ist diese stets von einer dauernden Differenz in der Natur oder Beschaffenheit der beiden die Blase berührenden Flüssigkeiten begleitet, und es folgt hieraus von selbst, daß die kleinsten Theilchen der thierischen

Membran sich während der Mischung in einem aufeinander folgenden Zustande der Zusammenziehung und Anschwellung oder Ausdehnung, d. h. in einer beständigen Bewegung befinden.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, daß die Volumänderung zweier mit einander mischbaren Flüssigkeiten, welche durch Membranen von einander getrennt sind, bedingt ist von der ungleichen Benetzbarkeit oder ungleichen Anziehung, welche die Membran zu diesen Flüssigkeiten besitzt. Das ungleiche Aufsaugungsvermögen der thierischen Membran für diese Flüssigkeiten ist eine Folge ihrer ungleichen Anziehung, es ist abhängig von der verschiedenen Natur der Flüssigkeiten oder der in den Flüssigkeiten gelösten Substanzen; ein ungleicher Gehalt an gelösten Stoffen (eine ungleiche Concentration) wirkt in vielen Fällen, wie wenn die Flüssigkeiten zwei verschiedenartige Substanzen enthielten.

Obwohl die bis jetzt von Fischer (welcher diese Erscheinungen zuerst wahrnahm), Magnus, Dutrochet und Anderen angestellten Versuche und erhaltenen Resultate keine Vergleichungen zuließen, indem die hierzu angewendeten Apparate nur relative Volumänderungen anzeigten, so ist die Kenntnißnahme von einigen derselben nichts desto weniger von Wichtigkeit.

Bei Anwendung von verdünnter Schwefelsäure (1,093 spec. Gew.) und Wasser nimmt bei 10° C. das Volum der Schwefelsäure zu, besitzt die Schwefelsäure ein specifisches Gewicht von 1,054, so vergrößert sich das Volum des Wassers.

Verdünnte Weinsäure (11 krystallisirte Säure und 89 Wasser) und Wasser mischen sich durch eine Blase ohne Volumänderung, bei mehr als 11 Säure vermehrt sich das Vo-

lum der Säure, bei weniger nimmt das Volum des Wassers zu.

Auflösungen von Thierleim, Gummi, Zucker, Eiweiß nehmen durch eine Blase von Wasser getrennt an Volum zu, und zwar ist die Volumzunahme bei diesen verschiedenen Lösungen, auch wenn sie gleiches specifisches Gewicht besitzen, höchst verschieden. Bei einem spec. Gewicht von 1,07 beträgt die Volumzunahme bei der Leimlösung 3, bei Gummi 5, bei Zucker 11 und bei Eiweiß 12. Wenn eine Zuckerlösung (16 Wasser, 1 Zucker) durch eine Blase von Wasser getrennt ist, so vermehrt sich das Volum derselben, setzt man der Zuckerlösung 1 Oxalsäure zu, so nimmt umgekehrt das Wasser an Volum zu, beträgt die Menge des Zuckers doppelt so viel, so mischen sich beide Flüssigkeiten durch die Blase ohne Volumänderung. Eine Zuckerlösung, welche von einer Lösung von Oxalsäure getrennt ist, steigt in derselben Zeit dreimal so hoch, als mit reinem Wasser (Dutrochet).

Aus diesen Versuchen ergiebt sich als ein ganz allgemeines Resultat (welches übrigens einer Bestätigung bedarf), daß eine thierische Membran für eine Albuminlösung vor allen anderen Lösungen von organischen Substanzen die geringste Aufnahms- oder Absorptionsfähigkeit besitzt, und daß ein schwacher Gehalt von Mineral- und organischen Säuren die Durchgangsfähigkeit von Wasser sowohl wie von Lösungen mancher organischen Substanzen vermehrt*).

*) Um in diesen Versuchen nicht zu irrigen Schlüssen verleitet zu werden, muß man die Anwendung aller derjenigen Flüssigkeiten vermeiden, welche die Haut in ihren chemischen Eigenschaften verändern; hierzu gehören namentlich Säuren von einer gewissen Concentration, salpetersaures Silberoxyd, Bleisalze, Goldchlorid, Chlorzinn, Chromsäure, saures chromsaures Kali, Gerbsäure 2c. Ueberhaupt ändern sich die Eigenschaften der Häute schon im bloßen Wasser nach eini-

Die Schnelligkeit der Mischung zweier durch eine Membran getrennten Flüssigkeiten hängt ab von der Dicke der Membran und steht in geradem Verhältniß zu der Schnelligkeit, mit welcher die in den Poren und in den beiden Flächen der Blase entstehende Mischung ihren Platz wechselt und die ursprüngliche Differenz in der Beschaffenheit der beiden Flüssigkeiten sich erneuert.

Wenn wir uns eine Röhre denken, welche durch eine Membran gebildet (einen Darm z. B.) und mit Wasser gefüllt ist, und voraussetzen, daß um diesem Darm in Folge einer mechanischen Kraft ein Strom von salzhaltigem Wasser circulirt, so wird hiernach, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, die Volumzunahme des Salzwassers (der Uebergang einer entsprechenden Menge Wassers) in einer weit kürzeren Zeit erfolgen müssen, als wenn sich das Salzwasser nicht in Bewegung befände.

Die Uebergangsgeschwindigkeit wird mit der Differenz (dem Unterschied in dem Salzgehalt) in der Beschaffenheit der beiden Flüssigkeiten abnehmen, sie wird im Anfange am größten sein und mit der Verdünnung des Salzwassers (in dem Maaße als Wasser übergegangen ist) abnehmen.

Es muß demnach die größte Wirkung dauernd eintreten, wenn das zum Salzwasser übergegangene Wasser unaufhörlich wieder entfernt, wenn also die Concentration des Salzwassers unverändert erhalten wird. Wenn wir uns hierzu denken, daß die Membran für die eine Flüssigkeit schwer durchdringlich sei, während sie die andere leicht in ihre Poren aufnimmt, und in Betrachtung ziehen, daß diese

---

gen Tagen, sie pflanzen alsdann einen weit schwächeren hydrostatischen Druck durch ihre Poren fort und müssen zu diesen Versuchen verworfen werden.

zweite Flüssigkeit bei ihrem Eintreten in die Poren der Blase, vermöge der Anziehung ihrer Wände, eine gewisse Geschwindigkeit empfängt, welche ihr gestattet, über die Punkte des Kanals oder der Poren hinauszugehen, so daß also diese Flüssigkeit die Poren ganz ausfüllt und mit der anderen außerhalb der Poren in directe Berührung gelangt, so muß, wenn diese zweite Flüssigkeit sich mit einer gewissen Geschwindigkeit an den Poren vorbei bewegt, die aufgesaugte Flüssigkeit während der Mischung ihr folgen, es muß ein rascher Uebergang dieser zweiten zu der ersten, eine wahre Auffaugung wie durch eine Pumpe stattfinden.

Einen Apparat dieser Art in der vollkommensten Form kennen wir in dem thierischen Körper. Die Blutgefäße enthalten eine Flüssigkeit, für welche die Wände derselben im normalen Zustande weit weniger durchdringlich als für alle anderen Flüssigkeiten des Körpers sind; das Blut bewegt sich in denselben mit einer gewissen Geschwindigkeit, und es wird die Blutflüssigkeit durch einen besonderen Apparat (die Harnwerkzeuge) stets auf einem nahe gleichen Zustande der Concentration erhalten.

Der ganze Darmkanal ist umgeben mit diesem System von Blutgefäßen, und alle Flüssigkeiten, insofern sie die Fähigkeit besitzen, von den Wänden des Darmkanals und der dahinter befindlichen Blutgefäße aufgenommen zu werden, mischen sich mit Schnelligkeit dem Blute bei, das Volum des Blutes nimmt, wenn keine Ausgleichung durch die Nieren stattfindet, zu, der Darm wird von den darin enthaltenen Flüssigkeiten entleert. Die Darmzotten, durch welche dieser Uebergang vermittelt wird, von denen jede einzelne einen solchen Saugapparat darstellt, enthalten im Inneren zwei Systeme von Kanälen, die Blut- und Milchsaftgefäße;

die Blutgefäße befinden sich der äußeren aufsaugenden Oberfläche am nächsten, die Milchsaftgefäße nehmen vorzugsweise die Mitte der Darmzotte ein; die in beiden circulirenden Flüssigkeiten besitzen eine sehr ungleiche Geschwindigkeit, und da sich das Blut in den Blutgefäßen weit schneller bewegt, so erklärt sich, woher es kommt, daß die Flüssigkeiten des Darms vorzugsweise (in Quantität und Schnelligkeit) in die Blutcirculation aufgenommen werden.

Der Unterschied in dem Aufsaugungsvermögen der Wände des Darmkanals für Flüssigkeiten, welche ungleich in ihrem Gehalte an gelösten Substanzen sind, läßt sich mit Leichtigkeit an der Wirkung beobachten, welche Wasser und Salzauflösungen auf den Organismus ausüben.

Wenn man im nüchternen Zustande von zehn zu zehn Minuten ein Glas gewöhnliches Brunnenwasser trinkt, dessen Salzgehalt kleiner ist, als der des Blutes, so tritt schon nach dem Trinken des zweiten Glases (jedes zu 4 Unzen gerechnet) eine Quantität gefärbten Harns aus, dessen Gewicht dem Volum des genossenen ersten Glases Wasser sehr nahe gleich ist, und wenn in dieser Weise zwanzig Gläser getrunken werden, so hat man neunzehn Harnentleerungen, deren letzte farblos und in ihrem Salzgehalte nur um etwas größer als der des Brunnenwassers ist.

Macht man denselben Versuch mit einem Wasser, welches denselben Salzgehalt wie das Blut besitzt (3/4 bis 1 Proc. Kochsalz), so zeigt sich keine von der gewöhnlichen abweichende Harnentleerung: es ist schwer, von diesem Wasser mehr als drei Gläser zu trinken, ein Gefühl des Gefülltseins, Druck und Schwere im Magen deuten an, daß Wasser, welches einen dem im Blute gleichen Salzgehalt be-

sitzt, eine längere Zeit zu seiner Aufnahme in die Blutgefäße bedarf.

Nimmt man zuletzt Salzwasser zu sich, dessen Salzgehalt um etwas größer ist, als der des Blutes, so tritt mehr oder weniger starkes Purgiren ein.

Je nach dem Salzgehalt ist die Wirkung des Salzwassers von dreifacher Art. Das Brunnenwasser wird mit größter Leichtigkeit in die Blutgefäße aufgenommen, die nur eine geringe Absorptionsfähigkeit für Wasser zeigen, welches einen dem Blute gleichen Salzgehalt besitzt, ein an Salz noch reicheres Wasser tritt nicht durch die Harnwege, sondern durch den Darmkanal aus.

In gleicher Weise verhalten sich Salzauflösungen und Wasser, welche in Form eines Klystiers in den Mastdarm eingebracht werden. Reines Wasser wird von den Wänden des Mastdarms sehr rasch aufgenommen und durch die Harnwege wieder entleert, setzt man dem Wasser gefärbte oder riechende Materien zu, so erscheinen diese mehr oder weniger verändert im Harn; bei Zusatz von kleinen Mengen Blutlaugensalz läßt sich die Gegenwart desselben im Harn sehr bald mittelst eines Eisenoxydsalzes durch die Entstehung von Berlinerblau erkennen. Von concentrirten Salzlösungen wird in gleichen Zeiten weit weniger aufgenommen, als von verdünnten, in den meisten Fällen mischen sie sich mit den in den Mastdarm gelangenden festen Stoffen und treten in der Form eines wässerigen Stuhlgangs wieder aus.

Nicht alle Salze wirken in dieser Beziehung gleich; bei gleichen Gaben ist die purgirende Wirkung des Glaubersalzes und Bittersalzes weit größer, als die des Kochsalzes, und ihre Aufnahmsfähigkeit in die Substanz thierischer Membranen scheint mit dieser Wirkung im umgekehrten Verhältniß

zu stehen. Es ist wohl kaum nöthig, besonders hervorzuheben, daß in dem beschriebenen Verhalten der Salzauflösungen auf den Organismus eine Erklärung der Wirkung der Purgirmittel überhaupt nicht eingeschlossen werden kann, das erwähnte Beispiel soll eine physikalische Eigenschaft darthun, welche einer großen Anzahl Salze gemein ist und unabhängig von der Säure und von der Base zu sein scheint; denn Chlorcalcium, Chlormagnesium, Weinstein, Seignettesalz, phosphorsaures Natron, gewisse Dosen von Brechweinstein zeigen einerlei Wirkung mit dem Kochsalz, Glaubersalz und Bittersalz, obwohl die Basen und Säuren in diesen verschiedenen Salzen nicht die nämlichen sind.

Auflösungen von Rohrzucker, Traubenzucker, Milchzucker und Gummi verhalten sich, wenn sie durch eine thierische Membran mit Wasser in Berührung sind, auf eine ähnliche Weise, wie die Lösungen der genannten Mineralsalze, ohne daß sie in dem lebenden Körper bei gleicher Concentration eine purgirende Wirkung äußern. Der Grund dieser Verschiedenheit mag darin liegen, daß die Mineralsalze bei ihrem Durchgang durch den Darmkanal und durch das Blut nicht wesentlich in ihrer Zusammensetzung geändert werden, während die erwähnten organischen Körper bei ihrer Berührung mit den Magenwänden und durch den Einfluß des Magensaftes eine sehr rasche Veränderung erleiden, wodurch die Wirkung, die sie außerhalb des Körpers zeigen, aufgehoben wird.

Da die chemische Natur und mechanische Beschaffenheit der Membranen und Häute auf die Verbreitung der Flüssigkeiten im thierischen Körper den größten Einfluß ausübt, so verdient das Verhalten jeder einzelnen in ihrer Structur abweichenden Membran oder der verschiedenen Drüsen und

Gefäßsysteme durch umsichtige Versuche erforscht zu werden, und es dürfte sich leicht ergeben, daß in der Absonderung der Milch, der Galle, des Harns, des Schweißes ꝛc. die Membranen und Zellenwände eine weit wichtigere Rolle spielen, als man denselben zuzuschreiben geneigt ist, daß ihnen neben ihren physikalischen gewisse chemische Eigenschaften zukommen, durch welche sie Zersetzungen und Verbindungen, wahre Scheidungen zu bewirken vermögen, woraus sich denn von selbst der Einfluß chemischer Agentien, von Arzneimitteln und Giften auf diese Eigenschaften ergeben wird.

Die in dem Obigen beschriebenen Erscheinungen gehören unter den Bestandtheilen des Thierkörpers den leimgebenden Gebilden nicht allein an, sie scheinen sich auf viele andere zu erstrecken, welche zu diesen nicht gerechnet werden können.

Ueberbindet man die eine Oeffnung einer cylindrischen Röhre mit etwas nassem Papier, gießt in dieselbe einige Linien hoch frisches Eiweiß und stellt sie sodann mit diesem Ende in siedendes Wasser, so gerinnt das Eiweiß, und nach Hinwegnahme des Papiers hat man eine Röhre verschlossen mit einem genau passenden Propf von Eiweiß, welcher weder Wasser noch Salzwasser ein Durchfließen gestattet. Wird diese Röhre mit Salzwasser zur Hälfte gefüllt und wie in Fig. 3 in reines Wasser gestellt, so sieht man allmälig das Salzwasser steigen; in 3—4 Tagen nimmt das Salzwasser um $1/4$ bis $1/2$ an Volum zu, gerade so wie wenn die Röhre mit einer sehr dicken Membran verschlossen wäre.

Der Einfluß der Hautverdunstung auf die Bewegung der Flüssigkeiten im thierischen Körper.

Wenn man die weite Oeffnung einer etwa 30 Zoll langen, an dem einen Ende knieförmig gebogenen und erweiterten Glasröhre mit einer nassen Ochsenblase überbindet, diese vollkommen trocknen läßt, die Röhre alsdann mit Quecksilber anfüllt und umkehrt, so daß die enge Oeffnung in einem Gefäß mit Quecksilber steht, so fällt das Quecksilber in der Röhre bis auf etwa 27 Zoll herab und es erhält sich, wenn eine fehlerfreie Blase zum Verschließen der Röhre genommen wurde, in dieser Höhe und steigt und fällt in gleicher Weise wie das Quecksilber in einem Barometer.

Durch die trockene Blase dringt in die entstandene torricellische Röhre keine Luft ein. Wenn man durch die gehörige Manipulation den entfernbaren Theil der noch darin enthaltenen Luft austreten läßt, so hat man in dieser Vorrichtung einen Barometer, der nicht mehr Luft enthält, als wie in einer unausgekochten, an dem erweiterten Theile zugeschmolzenen Röhre von gleicher Form und Weite enthalten ist; durch das Austrocknen der Blase sind offenbar die Poren derselben, welche dem Wasser, Salzwasser, Oel oder selbst Quecksilber den Durchgang verstatteten, durch Zusammenkleben der auf einander liegenden vielleicht sich kreuzenden Häute verschlossen, so daß die Blase für die Lufttheilchen nicht poröser ist als ein Stück Horn von gleicher Dicke.

Bringt man in den weiten Theil der Röhre in der Stellung Fig. 9 Wasser bis *b* und füllt den engen Schenkel mit Quecksilber vollkommen an und kehrt die Röhre in ein Gefäß mit Quecksilber um, Fig. 10, so sieht man eine Menge feiner Luftblasen durch die nasse Blase in die Röhre treten, das Quecksilber fällt bis zu einer gewissen Grenze. Je nach der Dicke der Blase ist die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber in der Röhre stehen bleibt, ungleich, bei Anwendung einer dünnen Haut steht es in der Röhre niedriger als bei einer dicken, bei einer Ochsenblase fällt es bis auf 12 Zoll (es bleibt in der engen Röhre 12 Zoll über dem Niveau des Quecksilbers in dem Gefäße stehen), bei einer doppelten Blase auf 22 bis 24 Zoll.

Fig. 9.

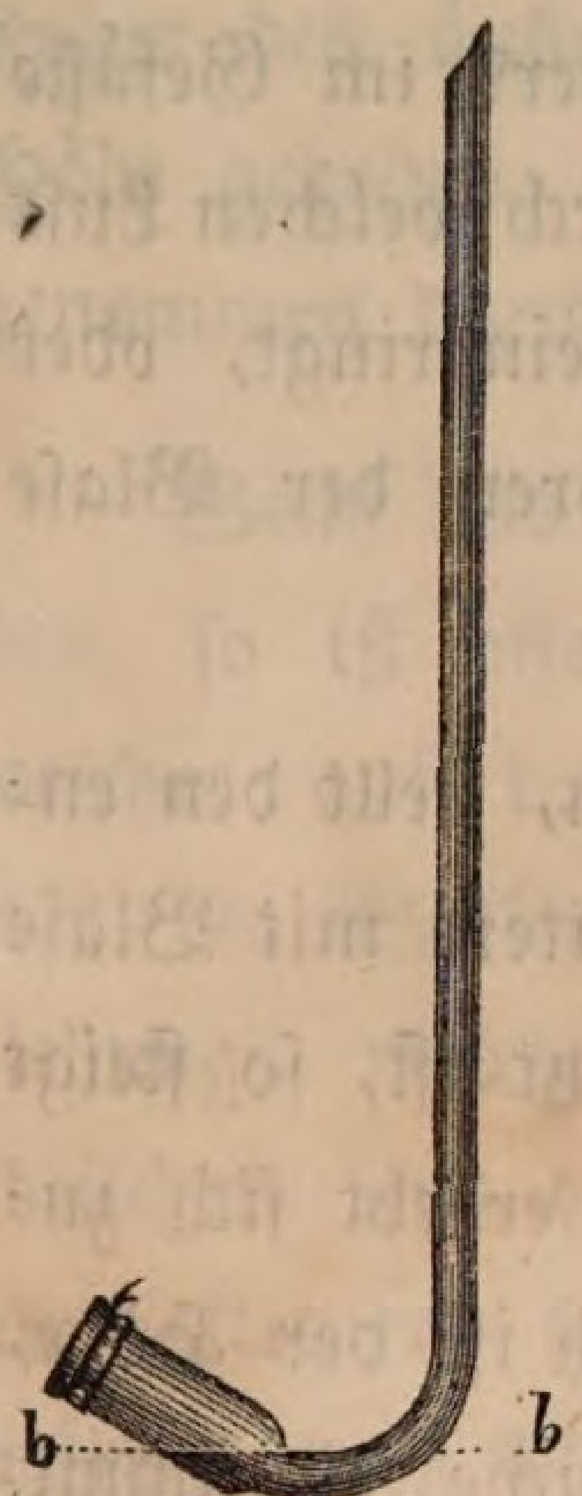
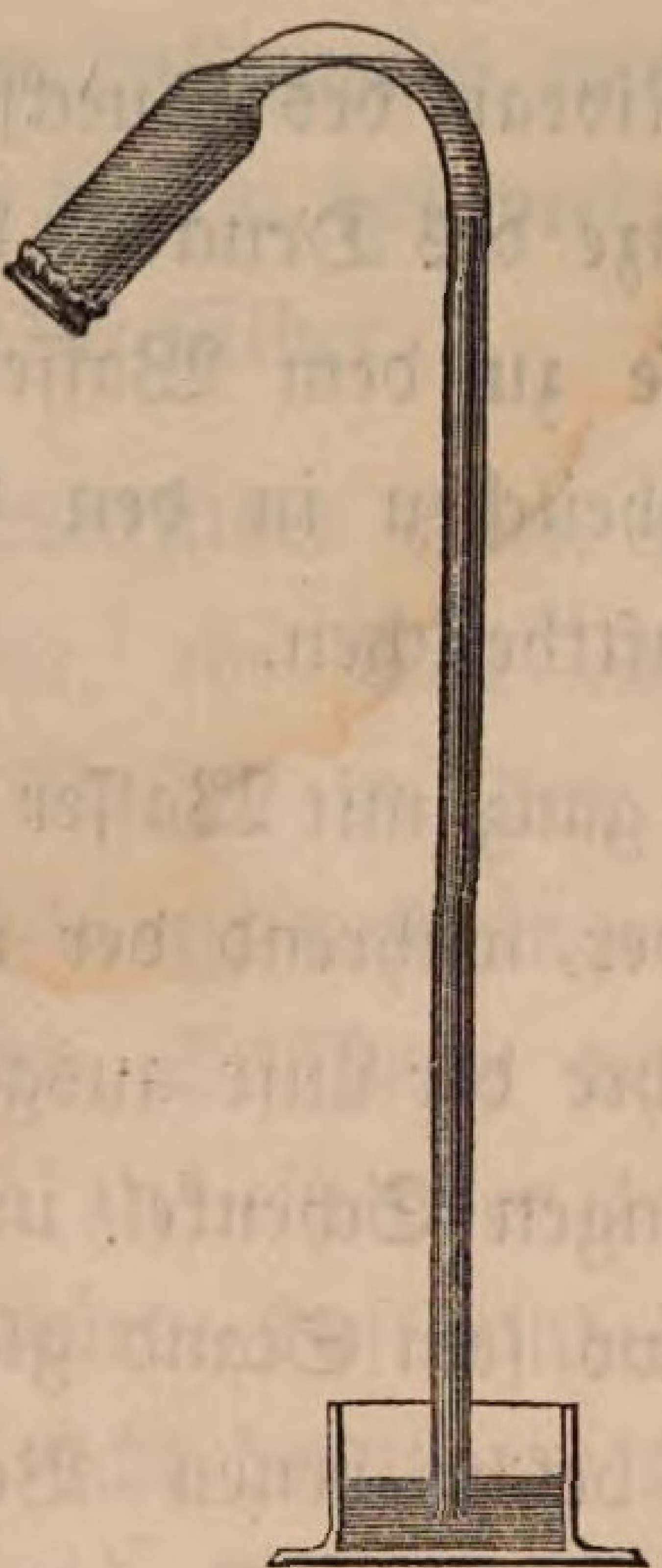


Fig. 10.



Wenn man die Vorsicht gebraucht, das über dem Quecksilber stehende Wasser in den weiten Theil der Röhre eintreten zu lassen, so daß also die Blase mit Wasser stets bedeckt bleibt, so erhält sich der Stand des Quecksilbers in der Röhre. Wenn die Quecksilberhöhe z. B. 12 Zoll betrug, so bleibt es an diesem Punkte stehen, obwohl das Wasser durch Verdunstung unausgesetzt abnimmt, es bleibt stehen, auch wenn alles Wasser verdunstet ist.

Die Quecksilberhöhe in der engen Röhre ist ein genaues Maaß für den Druck, welcher auf die Oberfläche der Blase

wirksam ist. Der Druck im Inneren der Röhre ist um die Höhe dieser Quecksilbersäule kleiner als der Druck der Atmosphäre außerhalb (citirt S. 70).

Der Unterschied im Niveau des Quecksilbers im Gefäße und der Röhre ist die Grenze des Druckes, durch welchen Luft durch die Poren der Blase zu dem Wasser eindringt, oder durch welchen die Wassertheilchen in den Poren der Blase verdrängt werden durch Lufttheilchen.

Füllt man die Röhre ganz mit Wasser an, stellt den engeren Schenkel in Quecksilber, während der weitere mit Blase verschlossene Theil der Röhre der Luft ausgesetzt ist, so steigt das Quecksilber in dem engen Schenkel und erhebt sich zuletzt bis zu dem Punkte, wo sein Stand gleich ist der Höhe, die es in dem vorher beschriebenen Versuche einnimmt. Für jede Blase ist die Steighöhe je nach ihrer Dicke verschieden.

Wenn der Durchmesser der weiten mit Blase verbundenen Oeffnung der Glasröhre 12 Millimeter und der der engeren Röhre 1 Millimeter beträgt, so steigt das Quecksilber (bei Anwendung einer Ochsenblase) in einer Stunde je nach der Temperatur und dem Wassergehalt der Luft um 22 bis 65 Millimeter.

Die Ursache des Steigens des Quecksilbers in diesem Versuche bedarf kaum einer besonderen Auseinandersetzung.

Die Blase ist mit Wasser durchdrungen, auf der einen Seite mit Wasser bedeckt und auf der andern mit einem Raume in Verbindung, welcher mit Feuchtigkeit nicht gesättigt ist. Das in den offenen Poren der nach der Luft zugekehrten Seite der Blase enthaltene Wasser verdunstet, der Raum, den es erfüllte, wird in den Poren der Blase, in

Folge ihrer Anziehung zum Wasser, durch nachdringendes Wasser eingenommen; das Volum des Wassers in der Röhre nimmt ab, es entsteht in derselben ein leerer Raum, und in Folge des äußeren Luftdruckes wird das Quecksilber in die Höhe gehoben; der Raum des verdunsteten Wassers wird eingenommen durch Quecksilber.

Wenn das Quecksilber einen festen Standpunkt erreicht hat, so ist offenbar, ehe Luft eintritt, der äußere Druck, welcher auf das Wasser in den Poren der Blase wirkt (der die Wassertheile zu verdrängen strebt), gleich der Anziehung, welche die Substanz der Blase zu den Wassertheilchen und diese zu einander besitzen. Wäre die Anziehung kleiner, so würde Luft eindringen, die Wassertheilchen würden ihren Platz nicht behaupten können. Das Steigen des Quecksilbers, oder die Bewegung des Quecksilbers nach der Oberfläche der verdunstenden Blase hin, ist eine Folge der Differenz im Luftdruck, welche bedingt wird durch die Verdunstung des Wassers, oder der die Blase durchdringenden Flüssigkeit, und die Aufsaugungskraft der Membran für diese Flüssigkeit.

Eine Hauptbedingung der Wirksamkeit einer Blase (in Beziehung auf das Steigen einer Flüssigkeitssäule) ist, daß sie sich stets in Berührung mit der Flüssigkeit befindet, denn ohne diese Berührung kann sich das Aufsaugungsvermögen derselben nicht äußern.

Durch die Verdunstung wird ein unaufhörliches Ausfließen von Wasser in der Form von Dampf nach der Seite hin, wo sich die Luft befindet, hervorgebracht und durch die capillare Wirkung der Blase wird auf der andern Seite Wasser mit einer Kraft eingesaugt und festgehalten, welche dem

Druck einer Quecksilbersäule von 12 und mehr Zollen Höhe (je nach der Dicke der Blase) das Gleichgewicht hält.

Da nun das Steigen des Quecksilbers eine Wirkung des Luftdruckes ist, so ist einleuchtend, daß die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber sich erhebt, bis zu einer gewissen Grenze abhängig ist von dem Barometerstande.

In einer Röhre, welche mit Wasser gefüllt und mit einer Blase verschlossen ist, deren Aufsaugungskraft dem Druck einer Quecksilbersäule von 12 Zoll Höhe gleich ist, steigt das Quecksilber durch die Verdunstung bis auf 12 Zoll, so lange durch den äußeren Luftdruck eine Quecksilbersäule 12 Zoll hoch gehoben werden kann. Fällt der äußere Luftdruck unter diese Grenze, so fällt das Quecksilber in der Verdunstungsröhre um gleichviel, und wenn sich über dem Quecksilber Wasser befindet, so reißt sich dieses Wasser von der Blase los.

Diese Fähigkeit der Blase würde hiernach in einer Höhe, in welcher der Barometerstand 12 Zoll beträgt, noch ungeändert erscheinen, in einer noch größeren Höhe hingegen würde sich die Flüssigkeit von der Membran losreißen.

In einer verdünnten Luft (vorausgesetzt, daß sie Feuchtigkeit aufnehmen kann), geht die Verdunstung mit größerer Schnelligkeit von statten als in einer dichteren, und es ist demnach klar, daß in gewissen Höhen die Wirkung der Blase auf das Steigen der Flüssigkeit rascher ist, als an dem Ufer des Meeres. Die Menge des verdunstenden Wassers steht in geradem Verhältniß zu dem umgebenden Raum und zu der Temperatur und der dieser entsprechenden Tension der Flüssigkeit. Wenn die Röhre, Fig. 9, mit Wasser bis *b*, sodann völlig mit Quecksilber gefüllt und in ein Gefäß mit Quecksilber umgekehrt gestellt

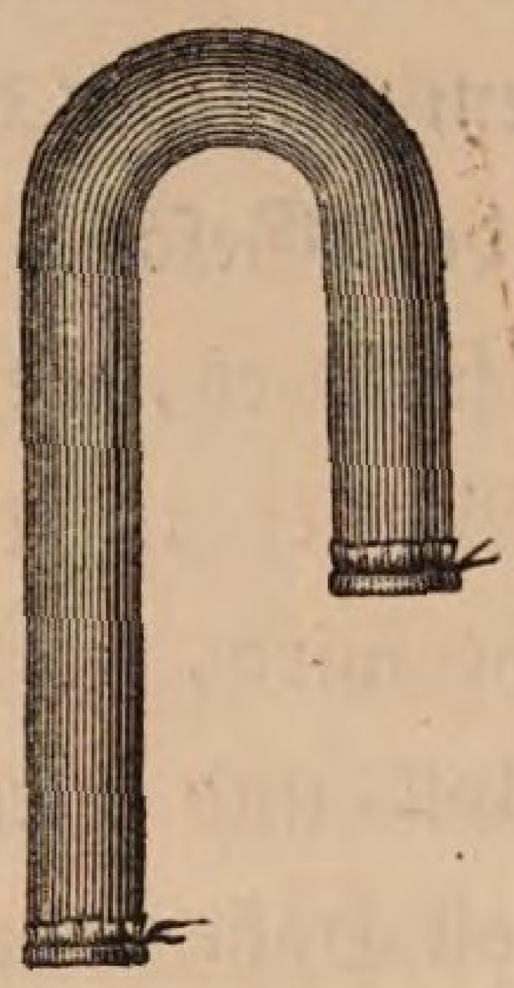
wird, so nimmt, wie bemerkt, das Quecksilber einen festen Standpunkt an; wenn man jetzt den weiten mit Blase verschlossenen Theil der Röhre in ein Gefäß mit Wasser eingetaucht erhält, Fig. 11, so beobachtet man in kurzer Zeit ein Fallen des Quecksilbers in der engen Röhre. Wenn die Höhe der Quecksilbersäule über dem Niveau des Quecksilbers in dem Gefäße 12 Zoll betrug, so sinkt es, wenn die Blase mit Wasser in Berührung gebracht wird, z. B. um 3 oder 4 Zoll und bleibt auf 9 oder 8 Zoll Höhe stehen, ohne daß ein weiteres Sinken für die nächsten zwölf Stunden wahrnehmbar ist. Das Sinken des Quecksilbers wird verursacht durch Wasser, welches durch die Blase in die Röhre vermöge des Druckes, welcher außerhalb größer als im Inneren der Röhre ist, eintritt.

Fig. 11.

Um die in den Poren der Blase aufgesaugten Wassertheile durch Wassertheile zu verschieben, dazu hat man offenbar einen weit kleineren Druck nöthig, als um die Wassertheile durch Lufttheilchen zu verdrängen. In dem einen Fall, wo sich beide Flächen der Blase mit der Flüssigkeit in Berührung befinden, ist die anziehende Kraft (der Blase zum Wasser und des Wassers zur Blase) auf beiden Seiten gleich, in dem andern hingegen (wo die eine Seite der Blase mit Luft in Berührung ist) nicht. Besäße die Blase für die Lufttheilchen dasselbe Aufsaugungsvermögen wie für Wasser, so

würden die Lufttheilchen und Wassertheilchen bei gleichem Druck durch die Blase hindurchgehen; der Versuch zeigt, daß das Aufsaugungs- und Durchlassungsvermögen der Blase für Luft weit kleiner ist, als für Wasser. Daher kommt es denn, daß, wenn mittelst eines gegebenen Blasenstückes, in dem Apparate, Fig. 10, Quecksilber durch Verdunstung bis auf 12 Zoll Höhe gehoben werden kann, in dem Apparate, Fig. 1, weniger wie 12 Zoll Quecksilber erforderlich ist, um das Wasser durch dieselbe Blase durchfließen zu machen.

Fig 12.



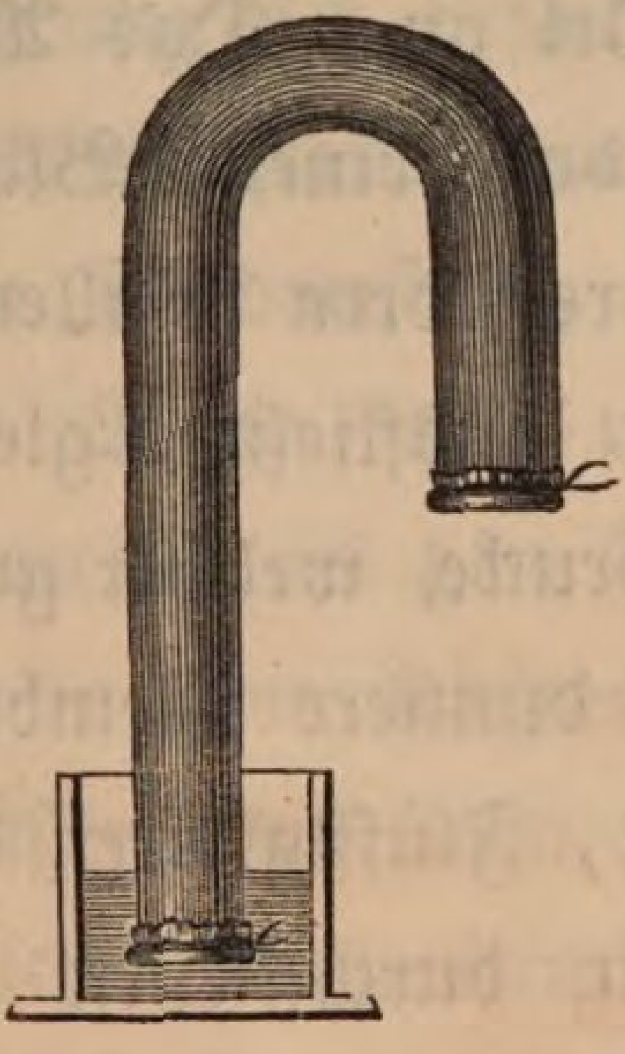
Wenn die Röhre, Fig. 12, mit Wasser gefüllt, die beiden Oeffnungen derselben mit Blase verschlossen und der Luftverdunstung ausgesetzt wird, so nehmen die Blasen in kurzer Zeit eine concave Oberfläche an, sie werden nach innen gedrückt. Wenn die Verdunstung des Wassers durch die feuchten Blasenoberflächen weiter fortschreitet, so entsteht in dem oberen Theile der Röhre ein mit Wasserdampf erfüllter luftverdünnter Raum, der sich unausgesetzt vergrößert. Die Stelle des verdunstenden Wassers wird, wie in den vorherbeschriebenen Versuchen, allmälig von Luft eingenommen, welche durch die Blase in die Röhre tritt.

Es ist evident, daß beim Eintreten der Luft in die Röhre, Fig. 12., der Druck auf die Oberfläche der Blase gleich ist der Aufsaugungskraft dieser Blase. In dem Apparate, Fig. 10., hätte mit Hülfe derselben Blase eine Quecksilbersäule bis auf die Höhe von 4 — 6 — 12 und mehr Zoll (je nach der Dicke der Blase) in Folge der Verdunstung gehoben werden können.

Wenn der eine Schenkel der mit Wasser gefüllten und

mit Blase an beiden Enden verschlossenen Röhre in ein Gefäß mit Salzwasser gestellt, während der andere Schenkel der Luftverdunstung preisgegeben wird, so ist einleuchtend, daß, wenn der in Folge der Verdunstung des Wassers auf die beiden Blasenoberflächen steigende Druck der Atmosphäre den Punkt erreicht, bei welchem das Salzwasser durch die Poren der Blase hindurchfließt, daß in diesem Falle der Raum des verdunsteten Wassers eingenommen wird durch Salzwasser.

Fig. 13.



Wenn in der That das Salzwasser durch Indigotinctur blau gefärbt wird, so sieht man schon nach wenigen Stunden, daß sich innerhalb der Röhre eine blaue Schicht bildet, die sich beständig vermehrt, bis zuletzt das Gefäß mit Salzwasser sich völlig entleert, während die Röhre sich ganz mit blauem Salzwasser anfüllt.

Wenn der eine Schenkel anstatt in Salzwasser in Galle eingetaucht erhalten wird, so füllt sich die Röhre mit Galle an, und wenn man zu dem Verschließen des einen Schenkels eine etwas dünnere Membran wählt, als zum Verschließen des anderen, von dem aus die Verdunstung vor sich geht, und man stellt den Schenkel mit der dünneren Blase in Oel (Knochenöl), so füllt sich die Röhre allmälig mit Oel an.

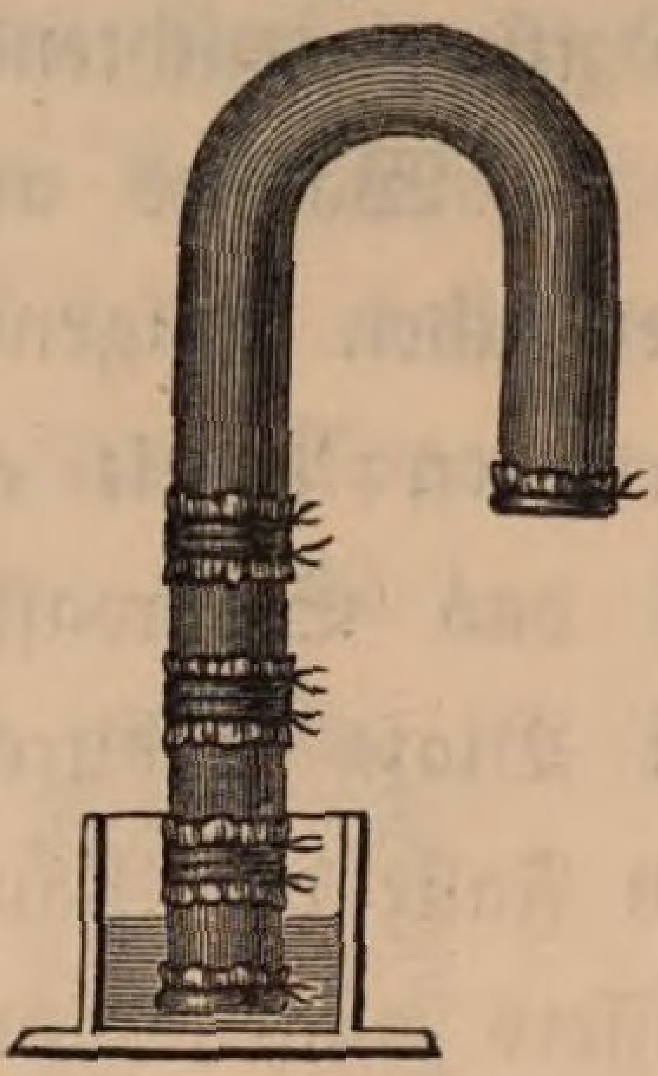
In allen diesen Fällen tritt keine Spur von Luft in das Innere der Röhre, sie bleibt mit Flüssigkeit gefüllt, so wie sie im Anfange des Versuches war.

Verbindet man die Verdunstungsröhre mittelst Kautschukröhren mit Röhrenstücken, welche mit Wasser gefüllt

5*

und an beiden Enden mit Blase verschlossen sind, und läßt

Fig. 14.



das letzte Röhrenstück in Salzwasser, Harn, Oel ꝛc. tauchen, so füllen sich allmälig alle diese Zellen, zuletzt die Verdunstungsröhren selbst, mit Salzwasser, Harn oder Oel an. Das Aufsaugungsvermögen der einen Blase, wirkt, während die ihre Poren erfüllende Flüssigkeit verdunstet (ausfließt), gleich einem mechanischen Drucke, welcher groß genug ist, um durch dünnere Membranen, welche damit in Verbindung stehen, Flüssigkeiten der verschiedensten Natur und Beschaffenheit durchfließen zu machen.

Der allgemeinste Ausdruck für diese Versuche ist der, daß alle Flüssigkeiten, welche mit einer verdunstenden Haut in Verbindung stehen, eine Bewegung nach dieser Haut hin empfangen müssen.

Die Größe dieser Bewegung steht in gradem Verhältniß zu der Schnelligkeit der Verdunstung und somit zu der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustande der Atmosphäre.

Daß die Haut der Thiere und Hautausdünstung, so wie die Verdunstung, welche an der Oberfläche der Lunge Statt hat, einen wichtigen Einfluß auf die vitalen Vorgänge und damit auf den Gesundheitszustand ausübt, dies ist, seit die Heilkunde besteht, von den Aerzten anerkannt, aber in welcher Weise dies geschieht, ist bis jetzt nicht näher erörtert worden.

Nach dem Vorhergegangenen kann kaum ein Zweifel darüber gehegt werden, daß eine ihrer wichtigsten Functionen

in dem Antheile liegt, den sie an der Verbreitung und Bewegung der Flüssigkeiten des Thierkörpers nimmt.

Die Oberfläche des Körpers einer Anzahl von Thierklassen besteht aus einer für Flüssigkeiten durchdringlichen Haut, an welcher, wenn diese, so wie bei der Lunge, in Berührung sich befindet mit der Atmosphäre, je nach dem Feuchtigkeitszustande und der Temperatur der Luft unausgesetzt eine Verdunstung von Wasser vor sich geht.

Wenn man nun im Auge behält, daß jeder Theil des Thierkörpers den Druck der Atmosphäre zu tragen hat, daß die in dem Körper enthaltenen luftförmigen und tropfbaren Flüssigkeiten dem atmosphärischen Druck einen vollkommen gleichen Gegendruck entgegensetzen, so ist klar, daß durch die Ausdünstung der Haut und Lunge, und in Folge des Aufsaugungsvermögens der Haut für die sie berührenden Flüssigkeit, eine Differenz im Druck unterhalb der Oberfläche der verdunstenden Haut entsteht. Der äußere Druck nimmt zu, und im gleichen Grade der Druck von innen nach der Haut hin. Wenn nun die Beschaffenheit der Hautoberfläche eine Verminderung ihres Volumens, ein Zusammendrücken (in Folge der durch die Verdunstung ausgetretenen Flüssigkeit) nicht zuläßt, so ist klar, daß eine Ausgleichung dieses Unterschiedes im Druck nur von Innen nach Außen erfolgen kann, von Innen zuerst und vorzugsweise von den Theilen aus, welche sich mit der Atmosphäre in nächster Berührung befinden und die der Wirkung des äußeren Druckes den geringsten Widerstand entgegensetzen.

Es ergiebt sich hieraus, daß die Flüssigkeiten des Körpers in Folge der Haut- und Lungen-Ausdünstung eine Bewegung nach der Haut und Lunge hin empfangen, welche durch die Blutbewegung beschleunigt werden muß.

Durch diese Verdunstung müssen die Gesetze der Mischung ungleichartiger Flüssigkeiten, welche durch Membranen von einander getrennt sind, wesentlich geändert werden. Der Uebergang der im Verdauungskanal löslich gewordenen Speise und der Lymphe in die Blutgefäße, das Austreten der Ernährungsflüssigkeit aus den feineren Blutgefäßen, ihre gleichmäßige Verbreitung im Thierkörper, das Aufsaugungsvermögen der Membranen und Häute, welche unter dem gegebenen Druck durchdringlich sind für die damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten, stehen unter dem Einfluß des Unterschiedes im Druck der Atmosphäre, welcher durch die Verdunstung der Flüssigkeiten der Haut und Lunge bedingt wird.

Die Säfte und Flüssigkeiten im Thierkörper vertheilen sich, entsprechend der Dicke der Gefäßwände und ihrem Durchlassungsvermögen für diese Flüssigkeiten, gleichmäßig durch den ganzen Körper, und der Einfluß, den der Aufenthalt in einer trockenen oder feuchten Luft, in großen Höhen oder an dem Ufer des Meeres, insofern hierdurch die Verdunstung gesteigert oder verlangsamt wird, auf den Gesundheitszustand auszuüben vermag, bedarf keiner besonderen Auseinandersetzung, sowie auf der andern Seite die Unterdrückung der Hautausdünstung eine Störung in dieser Bewegung zur Folge haben muß, durch welche sich der normale Proceß an diesen Orten ändert.

Der Druck, der, in Folge der Verdunstung, die Flüssigkeiten innerhalb des Körpers zwingt sich nach der Haut hin zu bewegen, ist, wie sich von selbst versteht, gleich dem Unterschied des Druckes, welcher auf die Hautoberfläche wirkt siehe (S. 62). Aus dem Versuche Fig. 13 ist von selbst klar, daß, wenn die eine der beiden Blasenoberflächen der

Röhre Fig. 12 der Luftverdunstung preisgegeben ist, während man die andere mit Wasser, Salzwasser oder Oel benetzt, daß diese Flüssigkeiten mit Schnelligkeit von der Haut eingesaugt (d. h. durch den äußeren Luftdruck eingetrieben) werden, und es ist nicht minder einleuchtend, daß dasselbe mit der Flüssigkeit geschieht, womit die eine der beiden verdunstenden Blasenoberflächen in der Mitte benetzt worden ist, während rings um die benetzte Stelle die Verdunstung fortdauert.

Wenn wir demnach die Oberfläche der verdunstenden Haut an irgend einer Stelle mit einer Flüssigkeit benetzen, welche davon durchdringlich ist, so wird durch den äußeren Druck die Flüssigkeit nach innen hin getrieben.

Denken wir uns irgend eine Stelle der Haut mit Fett eingerieben, so hört an dieser Stelle die Verdunstung auf. Wenn nun in der Umgebung dieser Stelle die Haut in ihrer normalen Thätigkeit sich befindet, wenn also in dieser Umgebung unaufhörlich Flüssigkeit durch Verdunstung austritt, so muß durch den ungleichen Druck, der hierdurch entsteht, das Fett nach diesen Stellen hin getrieben werden, es wird eingesaugt, sowie das Wasser in dem Apparate, Fig. 11, eingesaugt wird, wenn durch die Verdunstung eine Druckdifferenz innerhalb und außerhalb entstanden ist. Wäre die ganze Haut mit Fett bedeckt, so würde die Einsaugung durch die Lungenausdünstung bewirkt werden.

Das Aufschwellen der Haut, das Aufspringen derselben, der Sonnenbrand, welchen der Mensch in großen Höhen ausgesetzt ist, rühren von der außerordentlichen Trockenheit der Luft, der gesteigerten Verdunstung und dem Drucke her, durch den die Flüssigkeiten, welche die Gefäße anfüllen, nach der Haut hin getrieben werden. An dem Austreten des Schweißes, dem Ausflie-

ßen von Flüssigkeit aus den Poren der Haut, wirken mehrere Ursachen zusammen, eine derselben beruht offenbar auf der Geschwindigkeit, welche die durch Verdunstung oder durch eine mechanische Ursache in Bewegung gesetzte Flüssigkeit durch die gesteigerte Blutbewegung erlangt, in Folge dieser Geschwindigkeit bewegt sie sich über die Grenze der aufsaugenden Haut hinaus.

Die Aenderungen des vitalen Processes, welche durch die Ungleichheit in der Verbreitung der Flüssigkeit im Thierkörper in Folge der Verdunstung bewirkt werden, sind am sichtbarsten an Thieren, welche im Wasser leben, in denen also die auseinandergesetzte Ursache der Bewegung im normalen Zustande nicht wirksam ist. Wenn ein Fisch im Wasser eingetaucht erhalten wird, so daß sich der Kopf außerhalb, der übrige Körpertheil innerhalb des Wassers befindet, so stirbt er nach wenigen Stunden; in ganz gleicher Weise tritt der Tod ein, wenn Kopf und Kiemen sich im Wasser, und der Körper außerhalb befindet (Milne Edward); in beiden Fällen, ohne daß das Thier an Gewicht verliert. Diese Thatsache giebt zu erkennen, daß, wenn auch durch Einsaugung von Wasser durch die Körpertheile, die sich in diesem Medium befinden, das Gewicht des Körpers ungeändert bleibt, so geschieht die Vertheilung der Flüssigkeiten im Körper nicht in dem Verhältniß, wie dies zur Aufrechthaltung ihrer vitalen Functionen nothwendig ist. Der Fisch stirbt.

Es bedarf wohl kaum einer besonderen Erinnerung, daß die in dem Vorhergegangenen beschriebenen Versuche, insofern sie Schlüsse auf die Ursache der Bewegung der Säfte in dem thierischen Körper gestatten, in allen Beziehungen mit den Beobachtungen übereinstimmen und zusammenfallen,

welche Stephan Hales vor mehr als einhundertundzwanzig Jahren an Pflanzen angestellt hat.

Die Versuche von Hales über die Mechanik der Saftbewegung können für alle Zeiten als Muster einer vortrefflichen Methode gelten; daß sie in diesem Augenblicke in dem Gebiete der Pflanzenphysiologie unübertroffen dastehen, mag vielleicht dadurch erklärlich gefunden werden, daß sie aus dem Zeitalter Newton's stammen; sie verdienen einer jeden Pflanzenphysiologie einverleibt zu werden.

In dem Anfange seines Werkes beschreibt Hales die Versuche, welche er über die Saftbewegung in den Gewächsen in Folge ihrer Ausdünstung an belaubten Zweigen, an abgeschnittenen Pflanzen und an solchen, die mit Wurzeln noch versehen waren, angestellt hat.

Den Einfluß des mechanischen Druckes einer Wassersäule unter und ohne Mitwirkung der Verdunstung zeigt er durch folgenden Versuch.

An einen mit seinen Blättern und kleinen Zweigen versehenen Ast von einem Apfelbaume befestigte Hales luftdicht eine sieben Fuß lange Röhre; er hielt den Ast mit seinen Zweigen und Blättern in ein großes Gefäß mit Wasser eingetaucht, und füllte die Röhre mit Wasser. Durch den Druck der Wassersäule wurde Wasser in den Ast eingetrieben und es sank das Wasser in der Röhre in zwei Tagen um 14¼ Zoll.

Den dritten Tag zog er den Ast aus dem Wasser und überließ ihn der freien Luftverdunstung; das Wasser in der Röhre fiel jetzt in zwölf Stunden um 27 Zoll.

Zur Vergleichung der Kraft, mit welcher das Wasser durch Druck allein und durch Druck und Ausdünstung zusammen durch die Gefäße des Holzkörpers getrieben wird,

verband Hales einen 6 Fuß langen belaubten, der Luft ausgesetzten Ast von einem Apfelbaume mit einer 9 Fuß langen Röhre, die mit Wasser gefüllt wurde.

In Folge des Druckes der Wassersäule und der an der Oberfläche der Blätter und Zweige vor sich gehenden Verdunstung sank das Wasser in der Röhre (XI. Versuch) in einer Stunde um 36 Zoll. Er schnitt jetzt den Ast 13 Zoll unterhalb der Röhre ab, und stellte den abgeschnittenen Theil (mit Blättern und Zweigen) aufrecht in ein Gefäß mit Wasser; dieser letztere saugte in 30 Stunden 18 Unzen Wasser auf, während durch das mit der Röhre verbundene 13 Zoll lange Holzstück nur 6 Unzen Wasser, und zwar unter dem Drucke einer Wassersäule von 7 Fuß, durchgegangen waren.

In drei anderen Versuchen zeigt Hales, daß die capillaren Gefäße einer Pflanze für sich und in Verbindung mit den unverletzten Wurzeln durch Capillaranziehung sich mit Leichtigkeit mit Wasser füllen, ohne aber die Kraft zu besitzen, den Saft ausfließen und in einem aufgesetzten Rohr steigen zu machen. Die Bewegung des Saftes gehört, so schließt er, der verdunstenden Oberfläche allein an, er beweist, daß sie von dem Stamme, den Zweigen, Blättern, Blüthen und Früchten in gleichem Grade ausgeht, und daß die Wirkung der Verdunstung in einem bestimmten Verhältniß zur Temperatur und dem Wassergehalte der Luft steht; wenn die Luft feucht war, wurde nur wenig aufgesaugt, an Regentagen war die Auffaugung kaum bemerklich.

Das zweite Kapitel seiner Statik eröffnet er mit folgender Einleitung:

»In dem ersten Kapitel hat man gesehen, welche große Menge Flüssigkeit die Pflanzen auffaugen und ausdünsten,

in diesem beabsichtige ich die Kraft zu zeigen, mit welcher dies geschieht.

»Da in den Pflanzen das mächtige Werkzeug fehlt, welches in den Thieren durch seine abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung das Blut zwingt, durch die Arterien und Venen zu fließen, so hat die Natur sie entschädigt mit anderen wirksamen und kräftigen Hülfsmitteln, um den Saft, der sie belebt, an sich zu ziehen, zu heben und in Bewegung zu erhalten.«

In seinem XXI. Versuch entblößte er eine der Hauptwurzeln eines in voller Vegetation begriffenen Birnbaumes in einer Tiefe von $2\frac{1}{2}$ Fuß, schnitt die Spitze derselben ab und verband den mit dem Stamme in Verbindung stehenden Theil der Wurzel mit einer Röhre, die er mit Wasser füllte und mit Quecksilber sperrte. Diese Glasröhre stellte die verlängerte Wurzel dar.

In Folge der Ausdünstung der Oberfläche des Baumes saugte die Wurzel das Wasser in der Röhre mit einer solchen Kraft auf, daß in sechs Minuten das Quecksilber bis auf 8 Zoll in der Röhre sich erhob (entsprechend einer Wassersäule von 9 Fuß Höhe).

Diese Kraft ist nahe gleich derjenigen, mit welcher das Blut in der großen Schenkelpulsader eines Pferdes sich bewegt. »Ich bestimmte«, sagt Hales in seinem Vers. XXXVI. »den Druck des Blutes verschiedener Thiere, indem ich sie lebend mit dem Rücken auf einen Tisch befestigte und die große Schenkelpulsader, wo sie in den Schenkel eingeht, mit Hülfe zweier kleinen Röhren von Kupfer, mit einer Röhre von 10 Fuß Länge und $\frac{1}{8}$ Zoll innerem Durchmesser verband; das Blut eines Pferdes erhob sich in dieser Röhre

auf 8 Fuß 3 Zoll, das eines anderen auf 8 Fuß 9 Zoll, eines Hundes auf 6½ Fuß ꝛc.

Hales zeigte durch besondere Versuche, daß die Aufsaugungskraft, welche er an der Wurzel nachwies, auch der Stamm, daß sie jeder einzelne Zweig, jedes Blatt und die Frucht, daß sie jeder Theil der Oberfläche besitzt, daß die Bewegung des Saftes von der Wurzel nach den Zweigen und Blätter fortdauert, selbst wenn der Stamm von Rinde und Bast an irgend einem Theile völlig entblößt wird, daß diese Kraft nicht bloß von der Wurzel nach dem Gipfel, sondern auch von dem Gipfel nach der Wurzel hin wirkt.

Aus seinen Versuchen erschließt er das Vorhandensein einer mächtigen Anziehungskraft, die ihren Sitz in jedem Theile der Pflanze hat.

Wir wissen jetzt, daß diese anziehende Kraft als solche das Quecksilber oder Wasser in seinen Röhren nicht zum Steigen brachte, und aus seinen Versuchen ergiebt sich auf das Klarste, daß das Aufsaugungsvermögen der Pflanzen, jedes Blattes, jeder Wurzelfaser in Folge der Ausdünstung durch eine mächtige Kraft von außen unterstützt wird, die nichts anderes ist, als der Druck der Atmosphäre.

Durch die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der Gewächse entsteht im Inneren derselben ein leerer Raum, in dessen Folge Wasser und im Wasser lösliche Gase mit Leichtigkeit von Außen eingetrieben und gehoben werden, und es ist dieser äußere Druck neben der Capillarität die Hauptursache der Verbreitung und Bewegung der Säfte.

Was das Aufsaugungsvermögen der Pflanzenoberfläche bei einem gewissen Drucke von Außen für Gase betrifft, so bieten seine Versuche die sprechendsten Belege dar. In seinem Versuche XXII. sagt Hales: »Die Höhe, bis zu welcher

das Quecksilber in der Röhre stieg, zeigt nicht die ganze Kraft, mit welcher das Wasser aufgesaugt wird, denn während dies geschieht, sieht man die ganze Schnittfläche der Wurzel (des Stammes oder der Zweige) sich mit Luftblasen bedecken, welche aus derselben austretend einen Theil des Raumes, den das Wasser einnahm, erfüllen. Die Höhe des Quecksilbers stand deshalb nur im Verhältniß zu dem Ueberschuß des Wassers, den die Pflanze mehr einsaugte, als Luft austrat. Wäre die Menge der ausgetretenen Luft gleich gewesen der Menge des aufgesaugten Wassers, so wäre das Quecksilber gar nicht gestiegen; es ist demnach klar, daß, wenn von 12 Volum Wasser 9 Vol. eingesaugt werden, während 3 Vol. Luft in die Röhre treten, daß das Quecksilber nur um 6 Volum steigen kann.«

Wenn in seinen Versuchen die Wurzel, der Stamm oder ein Zweig an irgend einer Stelle verletzt worden war, durch das Abschneiden von Knospen, Wurzelfasern oder kleinerer Zweige, so verminderte sich das Aufsaugungsvermögen des übrigen Theils auf eine in die Augen fallende Weise (weil von diesen Stellen aus durch Eindringen von Luft der Unterschied im Druck leichter ausgeglichen wurde); das Aufsaugungsvermögen war von ganz frischen Schnittflächen aus am größten, an denen es sich aber allmälig verminderte, bis es nach Verlauf von mehreren Tagen an diesen Stellen nicht größer war, als an der unverletzten Pflanzenoberfläche.

Die Ausdünstung ist, so schließt Hales weiter, die mächtige Ursache, welche der Pflanze aus der Umgebung, worin sie lebt, Nahrung zuführt; es erfolgt Krankheit und Absterben der Pflanzen, wenn das Verhältniß der Ausdünstung und der Zufuhr in irgend einer Weise gestört und unterbrochen wird.

Wenn in heißen Sommern der Boden durch die Wurzel die Feuchtigkeit nicht ersetzen kann, welche den Tag über durch die Blätter und Oberfläche des Baumes verdunstet ist, wenn der Baum oder ein Zweig desselben austrocknet, so hört die Bewegung des Saftes an diesen Stellen auf, einmal ausgetrocknet kann durch die Capillarität allein die ursprüngliche Thätigkeit nicht wieder hergestellt werden; die Ausdünstung ist die Hauptbedingung ihres Lebens, durch sie wird eine dauernde Bewegung, ein sich stets wiederholender Wechsel in der Beschaffenheit des Saftes zu Wege gebracht.

»Vergleicht man,« sagt Hales, »die Oberfläche der Wurzeln einer Pflanze mit der Oberfläche, die sich außerhalb des Bodens befindet, so sieht man sogleich, warum die Anzahl der Zweige an einem Baume, den man versetzen will, vermindert werden muß. Nehmen wir an, daß beim Umsetzen die Hälfte der Wurzeln abgeschnitten werden muß, wie dies gewöhnlich geschieht, so kann der Baum aus der Erde nur halb soviel Nahrung als vorher einsaugen; es muß die verdunstende Oberfläche außerhalb mit der einsaugenden innerhalb der Erde in Verhältniß gebracht, d. h. verkleinert werden.«

Den Einfluß der unterdrückten Ausdünstung weißt Hales durch die folgenden Beobachtungen an Hopfenpflanzen nach.

»Der Boden eines Morgen Landes, auf welchem 9000 Hopfenpflanzen wachsen, muß diesen Pflanzen durch die Wurzeln im Juli in 12 Tagesstunden 36,000 Unzen Wasser zuzuführen vermögen. Es ist dies die Wassermenge, die sie in dieser Zeit durch Ausdunstung verlieren und die sie nöthig haben, um sich wohl zu befinden.

»So lange die Luft günstig ist, vermindert sich die Menge Wasser, welche ausdunstet, nicht; aber in feuchtem, regnerischem

Wetter, wenn es lange anhält, ohne daß trockene sonnige Tage dazwischen liegen, wird die zu ihrem Gedeihen und zu ihrer Erhaltung nöthige Transspiration unterdrückt. Der nicht in Bewegung gesetzte Saft stockt und verdirbt, und es erzeugt sich Schimmel.

»Dieser Fall ereignete sich im Jahre 1723, während beständiger Regen fiel, welcher 10 — 12 Tage anhielt. Dieser Regen begann nach einer viermonatlichen Dürre den 15. Juli Die schönsten und kräftigsten Hopfenpflanzen, Blätter und Früchte waren alle vom Schimmel befallen; minder kräftige entgingen dem Uebel, weil sie kleiner waren, während die ausgedunstete Feuchtigkeit von den kräftigsten Pflanzen in ihrem dichten Blätterwerk zurückgehalten wurde.

»Dieser Regen, nach einer so langen Dürre, fand die Erde so erhitzt, daß die Kräuter ebenso schnell wie in einem Mistbeete wuchsen, und die Aepfel wuchsen so schnell, daß ihr Fleisch außerordentlich weich blieb und daß sie in größerer Quantität faulten, als seit Menschengedenken nicht geschehen war.

»Die Hopfenpflanzer wissen, daß, wenn der Schimmel sich eines Theils des Feldes einmal bemächtigt hat, derselbe sich vermehrt und nach allen Seiten hin verbreitet, selbst das Gras, sowie alles unter dem Hopfen wachsende Unkraut wird davon ergriffen, wahrscheinlich weil die kleinen Körner dieser Schimmelpflanzen, welche schnell wachsen und bald zur Reife gelangen, durch die Luft auf der ganzen Oberfläche des Feldes verbreitet werden, wo sie sich vervielfältigen und manchmal das Feld mehrere Jahre hintereinander anstecken.« —

»Ich sah,« so berichtet Hales, »im Monat Juli die Ranken in der Mitte der Hopfenfelder, von einem Ende zum andern durch einen glühend heißen Sonnenstrahl ganz ver-

brannt, und zwar nach einem heftigen Regenguß; in solchen Augenblicken sieht man oft mit bloßen Augen und besser noch mit Reflexionsteleskopen die Dämpfe in so großer Masse sich erheben, daß die Gegenstände dunkel und zitternd erscheinen. Auf dem ganzen Felde war keine Ader des Bodens trocken oder kiesig; man muß deshalb dieses Uebel einer Menge heißen Dampfes zuschreiben, die in der Mitte größer war als nach den Seiten hin; sie bildeten dort, wo sie häufiger waren, ein dichteres und demzufolge ein heißeres Medium, als nach den Seiten hin.

»Die Gärtner in London machen häufig ähnliche Erfahrungen, wenn sie nach kalten Nächten die Glasglocken, womit sie Blumenkohlpflanzen bedecken, am Tage nicht lüften und die Feuchtigkeit verdunsten lassen; denn wenn diese Feuchtigkeit sich durch die Sonnenhitze erheben will und durch die Glocke zurückgehalten wird, so bildet sie einen dichten durchsichtigen Dampf, der die Pflanze verbrüht und tödtet.«

Wenn diese Beobachtungen in unsere gegenwärtige Sprache übersetzt werden, so sieht man, mit welcher Schärfe und Genauigkeit Hales den Einfluß der Verdunstung auf das Leben der Gewächse erkannt hat.

Nach ihm ist die Entwickelung und das Gedeihen der Pflanze abhängig von der Zufuhr von Nahrung und Feuchtigkeit aus dem Boden, welche bedingt wird durch eine gewisse Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre. Das Aufsaugungsvermögen der Pflanzen, die Bewegung ihres Saftes ist abhängig von der Ausdünstung, die Menge der aufgesaugten und zu ihrer Thätigkeit nöthigen Nahrung steht im Verhältniß zu der Menge der in einer gegebenen Zeit ausgetretenen (verdunsteten) Feuchtigkeit. Wenn die Pflanze ein Maximum von Flüssigkeit in sich aufgenommen hat und

durch eine niedrige Temperatur oder durch anhaltend feuchtes Wetter die Ausdünstung unterdrückt ist, so hört die Zufuhr von Nahrung, die Ernährung, auf, die Säfte stocken und verändern sich, sie gehen jetzt in einen Zustand über, in welchem ihre Theile und Bestandtheile zu einem fruchtbaren Boden für mikroskopische Gewächse werden. Wenn nach heißen Tagen Regen fällt, und starke Hitze ohne Wind darauf folgt, und jeder Theil der Pflanze mit einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft umgeben ist, so hört die Abkühlung durch weitere Verdunstung auf, die Pflanzen unterliegen dem Sonnenbrande.

Ich glaube kaum, daß nach den Erfahrungen, welche seit so langer Zeit in Beziehung auf den Einfluß der Ausdünstung, auf die Beschaffenheit der Gewächse vorliegen, irgend ein unbefangener Beobachter den geringsten Zweifel über die Ursache des großen Uebels hegen kann, welches die Landwirthschaft in den letzten Jahren betroffen hat. Wenn Hales, dieser unerreichte Beobachter und Forscher, dieses Uebel gekannt hätte, so glaube ich schwerlich, daß er es einer inneren der Pflanze angehörenden Ursache zugeschrieben haben würde, so wenig, als er daran gedacht hat, die Seite 79 erwähnte Verderbniß der Hopfenpflanzen einer individuellen Hopfenkrankheit, oder das Faulen der Aepfel einer Aepfelkrankheit zuzuschreiben. Schon Parmentier, dem man die Einführung der Kartoffeln in Frankreich verdankt, hat diese Krankheit gekannt und mit Genauigkeit beschrieben. Das Wort »Kartoffelfäule« ist den ältesten Bauern und Landwirthen schon in ihrer Jugend bekannt gewesen, es hat freilich erst in den letzten Jahren die furchtbare, die Nationalwohlfahrt scheinbar bedrohende Bedeutung gewonnen, wo die Ursachen, die

sie sonst nur örtlich zum Entstehen brachte, sich über ganze Gegenden und Länder verbreiteten. Von Hales und von hundert und mehr Jahren her bringen seine Schriften unserm Jahrhundert die tröstliche Gewißheit, daß, was vor Allem das Wichtigste ist, die Ursache dieser Verderbniß nicht in einer Entartung der Pflanze gesucht werden darf, sondern daß sie in einer Vereinigung von zufällig zusammentreffenden Bedingungen liegt, welche, wenn sie wohl erkannt und im Auge behalten werden, dem Landwirthe gestatten, ihren schädlichen Einfluß, wenn auch nicht zu vernichten, doch zu vermindern.

Die Kartoffelpflanze gehört offenbar zu derselben Klasse von Gewächsen wie die Hopfenpflanze, welche durch Stockung der Säfte in Folge der unterdrückten Ausdünstung am meisten leiden. Nach den Beobachtungen von Knight sind die Knollen nicht durch Anschwellung der eigentlichen Wurzeln gebildet, sondern durch Entwickelung einer Art unterirdischer Stengel oder Ausläufer. Durch Unterdrückung derselben sah er an den Stengeln außerhalb des Bodens Knollen sich bilden, und es ist begreiflich, daß eine jede äußere Ursache, welche auf den gesunden Zustand der Blätter und Stengel einen schädlichen Einfluß äußert, in gleicher Weise auf die Knollen wirksam sein muß. In den Gegenden, welche im Jahre 1846 die sogenannte Kartoffelkrankheit am stärksten heimsuchte, folgte auf sehr heiße Tage naßkaltes, regnerisches Wetter, und im Jahre 1847 trat im Anfang September nach einer anhaltenden Dürre, gerade in der Zeit des üppigsten Wachsthums der Kartoffeln, Regen und Kälte ein.

In den meisten Gegenden beobachtete man vor der Mitte August's an den sogenannten Frühkartoffeln keine Spur von Verderbniß, und selbst nach dieser Zeit wurden vorzugsweise niedrigge-

legene, an sich kalte oder nasse Felder davon ergriffen. An vielen Kartoffelstöcken desselben Ackers, an welchen die Setzkartoffel (sog. Mutterkartoffel) durch Fäulniß und Verwesung zerstört war, zeigten sich die vorhandenen Knollen völlig gesund, während an anderen mit Leichtigkeit wahrgenommen werden konnte, daß diejenigen nach der Seite hin angesteckt und von der Krankheit ergriffen worden waren, welche der noch vorhandenen alten Kartoffel zunächst lagen oder sie berührten.

Im Jahre 1846 starben in meinem Garten gegen Ende August alle Kartoffelpflanzen völlig ab, ehe sich ein einziger Knollen gebildet hatte, und im Jahre 1847 waren auf demselben Felde die Knollen aller Pflanzen, welche unter Bäumen und an geschützten Stellen standen, völlig faul, während an höher gelegenen, dem Luftzug mehr ausgesetzten Stellen sich keine Spur des Uebels zeigte. Die Ursache der Krankheit ist dieselbe, welche im Frühling und Herbst die Grippe und Influenza erzeugt, d. h. die Krankheit ist die Wirkung der Temperatur und des Feuchtigkeitszustandes der Luft, wodurch einer Hauptbedingung des Lebens, nämlich der Bewegung der Säfte und damit der Zufuhr an den zur Erhaltung des gesunden Zustandes nothwendigen Bedingungen aus dem Boden in Folge der Störung der normalen Transspiration plötzlich oder eine Zeit lang eine Grenze gesetzt und schädlich oder unzureichend für den Gesundheitszustand des Individiums wird *). Das ganze Bestehen einer Pflanze, der Widerstand, den sie der Einwirkung des

*) Ich fühle vollkommen, wie verfänglich es ist, den vielen Ansichten über die Ursache der sog. Kartoffelkrankheit eine seit einem Jahrhundert an Pflanzen erkannte hinzuzufügen; ich bin aber nicht zweifelhaft darüber, daß sorgfältige und gewissenhafte Beobachtungen sie bestätigen werden.

atmosphärischen Sauerstoffs entgegensetzt, ist auf's engste an die dauernde Aufrechthaltung ihrer Lebensfunktionen geknüpft, der einfache Wechsel von Tag und Nacht bringt in diesen schon einen großen Unterschied hervor; das Sinken der äußeren Temperatur um wenige Grade macht im Herbste die Blätter fallen und zieht das Absterben vieler jährigen Pflanzen nach sich. Wenn man nun in Betrachtung zieht, daß eine Pflanze, um sich zu schützen gegen äußere störende Einwirkungen, oder um die Nahrung zu suchen, die ihr fehlt, ihren Platz nicht wechseln kann, daß ihre normalen Lebensfunktionen von dem gleichzeitigen Zusammenwirken des Wassers, des Bodens, der äußeren Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und dem Sonnenlichte, von vier äußeren Bedingungen abhängig ist, so sind die Störungen begreiflich, welche in Folge einer Aenderung in dem gegenseitigen Verhältniß so vieler mitwirkenden Thätigkeiten in dem Organismus der Pflanze eintreten müssen. Der Zustand einer Pflanze ist ein untrügliches Merkzeichen des Gleichgewichtes oder eines Mißverhältnisses in diesen äußeren Bedingungen ihres Lebens, und es besteht die Geschicklichkeit des kunstreichen Gärtners eben darin, daß er für jede einzelne Pflanze das richtige Verhältniß derselben kennt und herzustellen weiß.

Nur eine einzige dieser vielen Bedingungen hat der Landwirth in einem gewissen Grade in seiner Hand, und dies ist die Herstellung der für die Pflanze geeignete Bodenbeschaffenheit und seiner Zusammensetzung durch die mechanische Bearbeitung, Bewässerung oder Trockenlegung seiner Felder und durch die Düngung. Wenn einer der zu den Lebensfunktionen der Pflanze unter den gegebenen Verhältnissen nothwendigen Bodenbestandtheile fehlt, oder in unzureichen-

der Menge zugegen ist, so wird durch diesen Mangel die äußere schädliche Einwirkung verstärkt. Wäre dieser Bestandtheil in geeigneter Menge zugegen gewesen, so würde die Pflanze einen dauernden Widerstand haben entgegensetzen können; ein einziger Tag kann über das Fortleben oder Absterben einer Pflanze entscheidend sein. Eine genaue Kenntniß des Einflusses, den die verschiedenen Bodenbestandtheile an dem Krankheitszustande haben, muß den Landwirth in den Stand setzen, viele seiner Felder vor dieser Zerstörung längere Zeit zu schützen und zu bewahren, aber es ist augenfällig, daß ein Universalmittel gegen dieses Uebel nicht besteht.

Wenn die Gefäße der Pflanze mit Wasser überfüllt sind und die Saftbewegung unterdrückt ist, so hört bei den meisten Pflanzen die Ernährung auf und es tritt unausbleiblich der Tod ein.

Die Wirkung einer plötzlichen oder allmäligen Ueberfüllung gewisser Theile oder Organe der Pflanzen mit Wasser, beim Mangel einer entsprechenden Ausdünstung kennt Jedermann; durch den endosmotischen Druck des nach den Zellen hinzuströmenden Wassers, welche Zucker, Schleim, Gummi, Albumin, überhaupt lösliche Materien enthalten platzen die ihrer Reife nahen saftigen Früchte und Samen, der Saft der Trauben, Kirschen, Pflaumen ꝛc. verliert seinen Schutz und er geht jetzt durch die Einwirkung des Sauerstoffs einer fortschreitenden Veränderung entgegen. Die Pilze, welche man an der Kartoffelpflanze beobachtet hat, die Fäulniß der Knollen, sie sind nicht Merkzeichen einer Krankheit, sondern das Gefolge des Todes.

Unter die wichtigsten von Hales angestellten Versuche müssen unstreitig die über das Steigen des Frühlingssaftes

in perennirenden Gewächsen, namentlich in Reben, gezählt werden. Seine Beobachtungen sind von Allen, die sich später mit dieser Erscheinung beschäftigt haben, auf das Vollkommenste bestätigt worden, ohne daß man aber dem Grunde derselben, meiner Ansicht nach, um eine Linie näher gekommen ist. Die neuesten von E. Brücke hierüber angestellten Versuche lassen über diesen Stand unseres Wissens keinen Zweifel.

Nach Dutrochet's Behauptung sind es die Endspitzen der Wurzeln, welche de Candolle Spongiolen nennt, welche das Steigen des Frühlingssaftes bewirken, und er glaubt (L'agent immediat du mouvemement vital, Paris 1826.), daß die Kraft, mit welcher der Saft emporgetrieben wird, von der Wurzel aus wirke. Dutrochet schnitt von einer zwei Meter langen Weinrebe ein Stück ab und er sah, daß aus dem verkürzten mit der Wurzel verbundenen Stocke der Saft regelmäßig ausfloß; nachdem er die Rebe über der Erde abgeschnitten hatte, beobachtete er, daß der im Boden befindliche Theil fortfuhr, von der ganzen Schnittfläche aus Saft zu ergießen. Er verfolgte diesen Versuch, indem er immer tiefer ging, und er sah stets, daß der Saft aus den Theilen verfloß, die sich noch im Boden befanden, bis er zuletzt an die äußerste Spitze der Haarwurzeln kam, in die er denn den Ursprung der Triebkraft des Saftes verlegte.

Nach Dutrochet sind es die Ursachen zusammengenommen, welche die Erscheinungen der Endosmose bedingen, denen die eigenthümliche Thätigkeit der Spongiolen zugeschrieben werden muß.

Es lassen sich jetzt, wo man die Erscheinungen der sogenannten Endosmose genauer kennt, dieser Ansicht einige begründete Zweifel entgegensetzen. Alle Beobachter sind darüber vollkommen einig, daß die Volumzunahme einer Flüssigkeit, die von einer

zweiten durch eine poröse Scheidewand getrennt ist, bedingt wird durch einen Unterschied in der Beschaffenheit dieser beiden Flüssigkeiten. Wenn sie eine gleiche Zusammensetzung oder Beschaffenheit haben, so fehlt jede Ursache zur Mischung und zur Aenderung des Volums, da die Anziehung beider zur Scheidewand und zu einander in diesem Falle vollkommen gleich ist.

In seinen trefflichen Untersuchungen bestimmte Brücke das specifische Gewicht des aus einem Rebstock ausgeflossenen Frühlingssaftes; er fand für dasselbe bei einem Stock 1,0008, bei einem andern 1,0009*).

Diese Zahlen haben eine unwidersprechliche Beweiskraft; sie zeigen, daß das specifische Gewicht des Thränenwassers der Weinreben in keiner Weise verschieden ist von dem des gewöhnlichen Brunnenwassers oder des Wassers, was man durch gewöhnliche Gartenerde durchsickern läßt; in den meisten Fällen ist der Gehalt des Brunnenwassers an gelösten Stoffen noch größer.

Der Frühlingssaft des Weinstockes, dessen specifisches Gewicht 1,0008 betrug, hob eine Quecksilbersäule, 174 Linien hoch, übte also einen Druck aus, durch welchen eine Wassersäule 195 Zoll hoch gehoben worden wäre. Diese Steighöhe kann aus dem Unterschiede in dem Gehalte des Wassers, welches von den Wurzeln eingesaugt wurde, und des Saftes, der aus der Schnittfläche ausfloß, unmöglich erklärt werden. In dem Versuche IX. von Brücke (an einem Weinstock, dessen Saft ein spec. Gew. von 1,0009) erhob sich die Quecksilbersäule Morgens um 7 Uhr auf 209 Linien.

Niemand kann verkennen, daß die sogenannte Endosmose

*) Poggendorffs Annalen Bd. LXIII. S. 177.

an dem Steigen derjenigen Säfte, welche verhältnißmäßig reich an Zucker sind und die sich sehr wesentlich in ihrer Zusammensetzung von dem Brunnenwasser unterscheiden, in den Ahorn- und Birkenbäumen, an dem Ausfließen oder Ausschwitzen gummireicher oder zuckerhaltiger Pflanzensäfte einigen Antheil hat, aber der Druck, den ihr Saft ausübt, läßt sich nicht entfernt mit dem der Weinrebe vergleichen, wo die Ursachen, die in dem Worte Endosmose zusammengebunden werden, nicht wirksam sein können.

Es ist einleuchtend, daß die Ursache des Druckes des Frühlingssaftes eine andere vorübergehende, eine durch äußere Ursachen hervorgerufene, auf eine kurze Zeitdauer beschränkte sein muß. Der Versuch Dutrochet's, aus welchem er den Schluß zieht, daß die Ursache des Steigens in den äußersten Wurzelspitzen ihren Sitz hat, läßt sich ohne Anstand in den folgenden umkehren: Die Ursache des Ausfließens und Druckes des Saftes ist in allen Theilen der unverletzten Pflanze bis auf die äußerste Wurzelspitze hinab.

Die Jahreszeit gestattet in diesem Augenblicke nicht, über diesen Punkt Versuche anzustellen, da aber der Frühling sich nähert, so dürfte es vielleicht an seinem Platze sein, die Gründe für die Ansicht, daß die Ursache des Ausfließens des Saftes der Weinrebe eine vorübergehende ist, näher zu entwickeln, vielleicht, daß sie Veranlassung abgeben, alle Fragen, die sich an diese merkwürdige Erscheinung knüpfen, mit einemmal zu erledigen.

In seinem Versuch XXXIV. schnitt Hales einen Rebenstock 7 Zoll über dem Boden ab, und setzte auf den Stumpf Röhren von 7 Fuß Länge auf. Abwärts hatte der Stock keine Zweige.

Dies geschah am 30. März, Nachmittags 3 Uhr.

Da an diesem Tage der Stock noch keinen Saft aus=fließen ließ, so goß er in die aufgesetzte Röhre Wasser ein, und zwar bis zu einer Höhe von 2 Fuß.

Dieses Wasser wurde von dem Stock eingesaugt, so zwar, daß um 8 Uhr des Abends das Wasser nur noch 3 Zoll hoch in der aufgesetzten Röhre stand.

Den Tag darauf, um 6½ Uhr des Morgens, stand der Saft 3 Zoll höher als am Abend vorher um 8 Uhr. Von dieser Zeit an fuhr der Saft fort zu steigen, bis er sich auf 21 Fuß erhoben hatte; er wäre vielleicht, meint Hales, noch höher gestiegen, wenn die Fugen der Röhren dichter gewesen wären.

Welche Ansicht man auch über die Ursache des Ausflie=ßens und des Druckes des Saftes hegen mag, so ist es un=möglich, sich zu denken, daß die mechanische oder irgend eine andere Beschaffenheit der Wurzelfasern, Spongiolen oder der inneren Theile des Rebstockes überhaupt sich am Abend des 30. März bis zum Morgen des 31. in dem Grade ge=ändert haben kann, daß von ihnen aus zwei durchaus entge=gengesetzte Thätigkeiten ausgehen konnten.

Am Abend des 30. März wurde das aufgegossene Was=ser aufgesaugt, am Morgen des 31. März wurde es mit stets steigender Kraft ausgetrieben.

In seinem Versuche XXXVII. befestigte Hales auf drei Zweige der horizontal liegenden Hauptrebe eines Spalier=stocks zweischenkliche, mit Quecksilber bis zu einem bestimm=ten Punkte gefüllte Röhren.

Die drei Zweige erhielten ihren Saft von dem gemein=schaftlichen Hauptstamm, dieser von der Wurzel. Der erste war von dem mittleren Zweige 7 Fuß, dieser von dem

dritten 22 Fuß 9 Zoll entfernt. Die beiden äußersten Zweige waren zweijährig, der mittlere war älter.

Vom 4. bis zum 20. April stand das Quecksilber in dem offenen Schenkel, in Folge des Drucks des Saftes, höher als in dem anderen, der mit dem Stock verbunden war.

Die größte Höhe, welche das Quecksilber erreichte, war 21—26 Zoll.

Am 21. April, wo die Zeit des Blutens ihrem Ende näher ging, ging der Saft in dem mittleren Zweig rückwärts, er wurde eingesaugt, und zwar so beträchtlich, daß das Quecksilber in dem offenen Schenkel 4 Zoll niedriger stand als in dem anderen. Nach einer Regennacht am 24 April stieg der Saft in dem letzteren wieder um 4 Zoll.

In dem Zweige nach dem Stamm hin trat der Saft zurück am 29. April, neun Tage nach dem mittleren; der dritte Zweig fing erst am 3. Mai an, den Saft wieder einzusaugen, dreizehn Tage nach dem mittleren.

»Wir sehen aus diesem Versuche,« sagt Hales, »daß die Ursache, welche den Saft zum Ausfließen bringt, nicht bloß von der Wurzel herkommt, sondern daß sie auch einer dem Stamm und den Zweigen inwohnenden Kraft angehört. Denn der mittlere Zweig folgte leichter dem Wechsel der Temperatur, der Trockenheit und Feuchtigkeit als die beiden anderen, und saugte den eingesaugten Saft neun Tage vor dem einen und dreizehn Tage vor dem anderen ein, welche beide während dieser Zeit den Saft ausfließen, anstatt ihn einzusaugen. (Die Ursache des Ausfließens und Druckes war in dem älteren Zweige verschwunden und in die entgegengesetzte übergegangen, während sie in den anderen jungen Zweigen noch fortdauerte.)

»Der mittlere Zweig war 3 Fuß 8 Zoll höher als der

nach dem Stamm hin. Die Quecksilberhöhen in den drei Röhren waren 14½—12¼—13 Zoll. Das Maximum 21—26—26 Zoll. Diese Zahlen beweisen, daß die größere Länge des mittleren Zweiges auf den Stand des Quecksilbers in den anderen Röhren ohne bemerklichen Einfluß war.«

In seinem Versuche XXXVIII. bemerkt Hales. »Durch den Einfluß einer mäßigen Temperatur und Feuchtigkeit wurde zur Zeit des Blutens die Bewegung des Saftes gesteigert, aber diese Kraft verminderte sich außerordentlich und in einem Augenblick durch kalte Ostwinde. Wenn der Wind kalt war und der Saft am Morgen bei Sonnenschein stieg, so sah man denselben fallen, und zwar um 1 Zoll in der Minute, wenn die Sonne durch eine Wolke verdeckt wurde, und er fuhr fort zu fallen um mehrere Zoll, wenn die Wolke lange genug vor der Sonne stand, aber so wie dieselbe den Sonnenstrahlen wieder Platz machte, so fing der Saft wieder an zu steigen und er folgte dem Wechsel des Sonnenscheins und Schattens, wie die Flüssigkeit des Thermometers dem Wechsel der Wärme und Kälte.«

Wenn man in Erwägung zieht, daß der Saft im Frühling, auch bei bedecktem Himmel, nicht aufhört zu steigen und auszufließen, denn es findet sogar in der Nacht Statt, so kann man das Fallen des Saftes von dem Augenblicke an, wo die Sonne durch eine Wolke verdeckt wurde, von einer einfachen Temperaturabnahme des Saftes nicht ableiten, weil die Zeit der Abkühlung und Zusammenziehung durch Abkühlung (in einer Minute um 1 Zoll) zu kurz war. Die Wärme bedingte das raschere Steigen, die Abkühlung das Fallen, aber sie wirkte auf eine Ursache, welche höher lag als die Wurzel, welche empfindlicher als die Flüssigkeit an sich für die Wärme war.

Hales sagt in seinem Versuche XXXVIII. »Wenn das Wetter sehr warm war, so erhob sich (in der Röhre) eine so große Menge Luftblasen, daß sie 1 Zoll hohen Schaum in den Röhren an der Oberfläche des Saftes machten.« »Ich befestigte eine kleine Luftpumpe an die Oeffnung einer Röhre, in welcher der Saft 12 Fuß hoch stand; es entwickelte sich eine große Masse Luftblasen, obwohl der Saft nicht stieg, sondern im Gegentheile fiel, als ich ausgepumpt hatte.« In seinen Versuchen über die Quantität Luft, welche die Pflanzen aufsaugen, Kapitel V. erwähnt er:

»Wir haben bereits in den Versuchen über den Weinstock gesehen, daß die Luft in Menge und ohne Unterbrechung in dem Saft der Röhre in die Höhe steigt.«

Wenn diese Thatsachen mit in Rechnung genommen werden, so erscheint die Meinung nicht unzulässig, daß die unbegreifliche Kraft, welche im Frühling den Saft der Weinrebe zum Ausfließen bringt, sich ganz einfach vielleicht auf eine Gasentwickelung zurückführen läßt, die in Folge eines Art Keimungsprocesses in den mit Flüssigkeit gefüllten und sich füllenden Capillargefäßen vor sich geht, und es ist denkbar, daß die Höhe der Quecksilbersäule oder Wassersäule nur ein Maaß für die Elasticität des entwickelten Gases ist, für den Druck, bei welchem das Gas durch die Seitenwände oder die unverletzte Oberfläche durchgetrieben wird.

Denkt man sich eine starke Glasflasche, in deren Mündung eine lange, an beiden Enden offene, bis auf den Boden reichende Röhre eingekittet ist, mit einer Flüssigkeit gefüllt, in der sich durch irgend eine Ursache ein Gas entwickelt (mit Hefe versetztes Zuckerwasser z. B.), so ist es einleuchtend, daß die Flüssigkeit in der Röhre durch das Freiwerden des Gases steigen muß; wenn sie auf 32 Fuß sich erhoben hat, so wird

das Gas nur die Hälfte, bei 64 Fuß nur $1/3$ seines Volumens bei gewöhnlichem Luftdruck einnehmen, und es ist in diesem Falle die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit sich erhebt, kein Maaß für eine besondere Kraft, welche von den Gefäßwänden ausgeht, sie zeigt nur die Spannung des Gases an.

Wären bei einem gewissen Drucke die Gefäßwände durchdringlich für das Gas, so würde über diese Grenze hinaus kein weiteres Steigen mehr stattfinden.

Wenn man in den Apparat (Fig. 4) die Röhre *a* durch den Kork bis auf die kleine Bleikugel schiebt, die Röhre *c* mit Wasser, dem man etwas Bierhefe zusetzt, und die Röhre *a* mit Zuckerwasser füllt und einer Temperatur von 20 — 24° aussetzt, so steigt die Flüssigkeit in *b* durch das in *c* sich entwickelnde Gas sehr rasch, so daß sie sehr bald überfließt. Füllt man das Gefäß *c* mit Zuckerwasser und die Röhre *a* mit Hefe an, so tritt ganz dasselbe Steigen ein, was so lange dauert, bis das entwickelte Gas die Berührung der Haut und Flüssigkeit aufhebt.

Es ist wohl kaum nöthig hervorzuheben, daß die eben geäußerte Idee über die Ursache des Ausfließens und Drucks des Frühlingssaftes nichts weiter als eine Andeutung der Richtung sein soll, in welcher Versuche angestellt werden müssen; wenn wir das Volumen der Flüssigkeit, welche aus einem Rebstocke zur Zeit des Blutens ausfließt, und die Menge Gas, die sich gleichzeitig entwickelt, mit Genauigkeit kennen, so werden wir der Erklärung dieser Erscheinung hoffentlich um einen Schritt näher gekommen sein. Nach dem von Geiger und Proust angestellten Versuche, ist das Thränenwasser der Weinrebe reich an Kohlensäure, und es ist möglich, daß das Gas, was sich entwickelt, nichts anderes als kohlensaures Gas ist.

Ehrste

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Liebig, Justus <<von>>,

Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus

Braunschweig 1848

Chem. 210 hk

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10073239-7